بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به

خانواده عزیزم

همسر عزیز و مهربانم سیمین دخت کامیار

فرزندان دلبندم نینا، روزبه، شیوا

که با صبر و حوصله زیاد مرا تحمل کرده‌اند.

هرمزدیار کیان‌مهر

شهریور ۷۷

لطفاً قبل از مطالعه غلطهای زیر را اصلاح فرمایید .

صفحه / سطر	نادرست	درست
۲۵/۱۵	این شخص به	این شخص در
۵/۱۸	عملی	عمل
۱۰/۱۳۱	یک درخت پهن نمونه	یک نمونه درخت برگ پهن
۱۱/۱۶۱	محیطه	محیطیه
۱۷/۱۸۴	نپوماتوفورها	پنوماتوفورها
۱۹۳/ زیرنویس شکل	متناسب	متناوب
۷/۲۰۳	صورت درست : اسکلرانشیمی که در نزدیک	
۷/۲۱۹	صورت درست : به این ترتیب عصبهایی که احساس . . .	
۱۲/۲۲۰	یک لا	تکی لا
۲۳۰/ شکل ۳-۸	گردند	گردیده
۸/۲۳۱	گدار	گلدار
۵/۲۸۳	مبی	مبنی
۳۰۲/آخر	بُرُن	بُرُم
۱۲/۳۱۹	نبام	به‌نام
۱۸/۳۲۱	مشنور	منشور
۶/۳۳۷	تحم	تحمّل
۱۰/۳۴۴	فیلوبیلینها	فیکوبیلینها
۸/۳۵۸	حبسیّت	جنسیّت
۱۱/۳۶۱	ژیرلین	جیبرلین
۱/۳۶۷	چیرکی	چیرگی
۴/۴۱۹	هاوری و وینبرگ	هاردی و واینبرگ
۴۲۹/آخر	بناشد	نباشد
۷/۴۴۵	دورگ گیری	دورگه گیری
۱۴/۴۵۰	می کنید	می کنند

صفحه / سطر	نادرست	درست
۱/۴۵۲	زرافّه	زرّافه ها
۴۵۳/ چندین مورد	دورگ	دورگه
۵۰۲/ آخر	بیمارس	بیماری
۵/۵۶۶، ۶ و ۱۰	کاهک	کلاهک
۵۷۳/ زیرنویس	سارگاسو	سارگاسوم
۸/۶۵۷	مارکانیتا	مارکانتیا
۲۴/۶۷۸	یافتن	یافت
۱۳/۶۹۳	میکورنر	میکوریز
۱۵/۷۲۵	زنلانو	زلاندنو
۴/۷۳۲	پسیلوفتیا	پسیلوفیتا
در صفحات ۳۰ تا ۵۲	هیدروژن و هیدروژنی صحیح است	

انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، شماره، ۲۳۴

ك ـ ار ـ استرن

مبانی بیولوژی گیاهی

ترجمه

دکتر هرمزدیار کیان مهر

با همکاری

پرهام جبارزاده

استرن، کینگزلی رولند Stern. Kingsley Rowland
مبانی بیولوژی گیاهی / ک ـ ار ـ استرن؛ ترجمه هرمزدیار کیان‌مهر؛ با همکاری پرهام جبارزاده. ـ مشهد : دانشگاه فردوسی (مشهد)، ۱۳۷۷.
هجده، ۹۲۹ ص. : مصور، جدول، عکس، نمودار . ـ (انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۲۳۴)
ISBN: 964-6335-26-8 ۱۶۰۰۰ ریال
فهرست‌نویسی بر اساس اطلاعات فیپا .
عنوان اصلی : Introductory plant biology.
کتابنامه .
چاپ دوم: ۱۳۸۰

۱. گیاه‌شناسی. الف. کیان‌مهر، هرمزدیار، مترجم. ب. جبارزاده، پرهام، مترجم. ج. دانشگاه فردوسی (مشهد). د. عنوان.

QK ۴۷ / ۲ م ۵ الف ۵۸۱
۱۳۷۷
کتابخانه ملی ایران ۷۸-۱۴۱۰۲ م

ک. ر. استرن

مبانی بیولوژی گیاهی

ترجمهٔ دکتر هرمزدیار کیان‌مهر
با همکاری پرهام جبّارزاده

وزیری ؛ ۹۵۰ صفحه، ۲۰۰۰ نسخه، چاپ دوم، تابستان ۱۳۸۰
امور فنّی و چاپ : مؤسسهٔ چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی
بها : ۴۲۰۰۰ ریال

شابک ۸ـ۲۶ـ۶۳۳۵ـ۹۶۴ ISBN: 964-6335-26-8

فهرست مطالب

پیشگفتار مترجم نوزده

فصل اوّل ـ رشد و تکامل مطالعات گیاه شناسی

برخی اهداف فراگیری ۳
نظر اجمالی ۳
مقدّمه ۴
تاریخچه و رشد علم گیاه شناسی ۷
پدیدار شدن هربالها ۱۲
میکروسکپهای اوّلیه ۱۴
رشته های گیاه شناسی ۱۴
علوم گیاه شناسی و آینده ۱۸
خلاصه ۱۹
پرسشهای یادآوری ۲۰
پرسشهای تشریحی ۲۱
منابع اضافی ۲۱

فصل دوم ـ طبیعت حیات

برخی اهداف فراگیری ۲۵

نظر اجمالی ۲۵
مقدّمه ۲۶
خواص موجودات زنده ۲۶
اساس فیزیکی و شیمیایی حیات ۳۰
خلاصه ۵۰
پرسشهای یادآوری ۵۳
پرسشهای تشریحی ۵۳
منابع اضافی ۵۳

فصل سوم ـ یاخته ها

برخی اهداف فراگیری ۵۷
نظر اجمالی ۵۷
مقدّمه ۵۸
یاخته ها ـ تاریخچه ۵۸
میکروسکپهای پیشرفته ۶۱
اندازه و ساختمان یاخته ۶۴
تولیدمثل یاخته ۸۱
ارتباطات بین یاخته ها ۸۸
مقایسه یاخته های گیاهان با یاخته های جانوران ۸۹
خلاصه ۸۹
پرسشهای یادآوری ۹۳
پرسشهای تشریحی ۹۳
منابع اضافی ۹۳

فصل چهارم ـ بافتها

برخی اهداف فراگیری ۹۷
نظر اجمالی ۹۷

مقدّمه ۹۷
بافتهای مریستمی ۱۰۰
بافتهای ساده ۱۰۲
بافتهای مرکب ۱۱۱
خلاصه ۱۱۵
پرسشهای یادآوری ۱۱۷
پرسشهای تشریحی ۱۱۷
منابع اضافی ۱۱۷

فصل پنجم ـ ساقه

برخی اهداف فراگیری ۱۲۱
نظر اجمالی ۱۲۱
مقدّمه ۱۲۲
شکل خارجی شاخه های چوبی ۱۲۳
منشأ و رشد ساقه ها ۱۲۴
الگوهای بافتی ساقه ۱۲۹
ساقه های دولپه ای چوبی ۱۳۱
ساقه های تک لپه ایها ۱۴۰
ساقه های تخصیص یافته ۱۴۳
چوب و کاربرد آن ۱۴۷
خلاصه ۱۵۴
پرسشهای یادآوری ۱۵۷
پرسشهای تشریحی ۱۵۷
منابع اضافی ۱۵۸

فصل ششم ـ ریشه

برخی اهداف فراگیری ۱۶۱

نظر اجمالی ۱۶۱
مقدّمه ۱۶۲
ساختمان ریشه ۱۶۴
ریشه های تخصیص یافته ۱۷۲
ارتباط ریشه با انسان ۱۸۱
خلاصه ۱۸۳
پرسشهای یادآوری ۱۸۵
پرسشهای تشریحی ۱۸۵
منابع اضافی ۱۸۵

فصل هفتم ـ برگ

برخی اهداف فراگیری ۱۸۹
نظر اجمالی ۱۸۹
مقدّمه ۱۹۰
آرایش برگها و انواع آنها ۱۹۱
ساختمان درونی برگها ۱۹۵
برگهای تخصیص یافته ۲۰۰
تغییرات رنگ برگها در پاییز ۲۱۴
برگ ریزی ۲۱۶
رابطه اکولوژیکی انسان و برگها ۲۱۷
خلاصه ۲۲۱
پرسشهای یادآوری ۲۲۲
پرسشهای تشریحی ۲۲۳
منابع اضافی ۲۲۳

فصل هشتم ـ گلها، میوه ها، دانه ها

برخی اهداف فراگیری ۲۲۷

نظر اجمالی ۲۲۸
مقدّمه ۲۲۸
تفاوت بین تک‌لپه ایها و دولپه ایها ۲۳۲
ساختمان گل ۲۳۳
میوه ها ۲۳۶
پراکنش دانه و میوه ۲۵۰
دانه ها ۲۵۷
خلاصه ۲۶۵
پرسشهای یادآوری ۲۶۸
پرسشهای تشریحی ۲۶۸
منابع اضافی ۲۶۹

فصل نهم ـ رابطه گیاه با آب و خاک

برخی اهداف فراگیری ۲۷۳
نظر اجمالی ۲۷۳
مقدّمه ۲۷۴
جنبش ملکولی ۲۷۵
آب و حرکت آن در گیاه ۲۸۱
انتقال مواد غذایی به صورت محلول ۲۸۶
تنظم تعرق ۲۸۸
خاکها ۲۹۱
مواد معدنی مورد نیاز گیاه ۲۹۹
خلاصه ۳۰۳
پرسشهای یادآوری ۳۰۵
پرسشهای تشریحی ۳۰۶
منابع اضافی ۳۰۶

فصل دهم ـ متابولیسم در گیاهان

برخی اهداف فراگیری	۳۱۱
نظر اجمالی	۳۱۱
مقدّمه	۳۱۲
فتوسنتز	۳۱۲
تنفس	۳۳۱
جذب و گوارش	۳۴۲
خلاصه	۳۴۴
پرسشهای یادآوری	۳۴۸
پرسشهای تشریحی	۳۴۸
منابع اضافی	۳۴۹

فصل یازدهم ـ رشد

برخی اهداف فراگیری	۳۵۳
نظر اجمالی	۳۵۳
مقدّمه	۳۵۴
هورمونهای گیاهی	۳۵۵
تداخلهای هورمونی	۳۶۷
دیگر تداخلها	۳۶۸
جنبشهای گیاهی	۳۶۹
فیتوکروم	۳۸۵
فتوپریودیسم	۳۸۷
فلوریژن	۳۸۹
دما و رشد	۳۹۱
خواب و استراحت	۳۹۲
خلاصه	۳۹۶
پرسشهای یادآوری	۳۹۸

پرسشهای تشریحی ۳۹۹
منابع اضافی ۳۹۹

فصل دوازدهم ـ میوز و تناوب نسل

برخی اهداف فراگیری ۴۰۳
نظر اجمالی ۴۰۳
مقدّمه ۴۰۴
مراحل میوز ۴۰۵
تناوب نسل ۴۱۲
خلاصه ۴۱۴
پرسشهای یادآوری ۴۱۵
پرسشهای تشریحی ۴۱۰
منابع اضافی ۴۱۶

فصل سیزدهم ـ ژنتیک و اصلاح نباتات

برخی اهداف فراگیری ۴۱۹
نظر اجمالی ۴۱۹
مقدّمه‌ای بر ژنتیک ۴۲۰
اصلاح نباتات ۴۳۵
خلاصه ۴۴۰
پرسشهای یادآوری ۴۴۲
پرسشهای تشریحی ۴۴۴
منابع اضافی ۴۴۴

فصل چهاردهم ـ تکامل

برخی اهداف فراگیری ۴۴۷

نظر اجمالی ۴۴۷
مقدّمه ۴۴۸
چارلز داروین ۴۴۸
اصول گزینش طبیعی ۴۵۰
مکانیسمهای تکامل ۴۵۲
نقش دورگ گیری در تکامل ۴۵۳
جدایی تولیدمثلی ۴۵۴
سرعت تکامل ۴۵۸
بحث ۴۵۸
خلاصه ۴۵۹
پرسشهای یادآوری ۴۶۱
پرسشهای تشریحی ۴۶۱
منابع اضافی ۴۶۲

فصل پانزدهم ـ اسامی و رده بندی گیاهان

برخیْ اهداف فراگیری ۴۶۵
نظر اجمالی ۴۶۵
مقدّمه ۴۶۶
توسعه سیستم رده بندی دو نامی ۴۶۸
توسعه مفهومی سلسله ۴۷۱
طبقه بندیهای گروههای اصلی ۴۷۴
شناسه گروههای اصلی موجودات زنده ۴۷۸
خلاصه ۴۸۱
پرسشهای یادآوری ۴۸۳
پرسشهای تشریحی ۴۸۴
منابع اضافی ۴۸۴

فصل شانزدهم ـ سلسله مونرا، ویروسها، و مهندسی ژنتیک

برخی اهداف فراگیری ۴۸۷
نظر اجمالی ۴۸۷
ویژگیهای سلسله مونرا ۴۸۸
مقدمه‌ای بر باکتریها ۴۸۹
زیرسلسله آرکی باکتریوفی تیه ۴۹۵
آرکی باکتریها ۴۹۵
روابط انسان با آرکی باکتریها ۴۹۶
زیرسلسله یوباکتریوفیتینه ۴۹۸
باکتریهای حقیقی ۴۹۸
روابط انسان و باکتریهای گوگردی ارغوانی، سبز و بدون سبزینه ۴۹۹
رده سیانوباکتریا ۵۱۴
ارتباط انسان با باکتریهای سبز ـ آبی ۵۱۹
ویروسها ۵۲۲
رابطه انسان با ویروسها ۵۲۷
مهندسی ژنتیک ۵۲۹
خلاصه ۵۳۴
پرسشهای یادآوری ۵۳۸
پرسشهای تشریحی ۵۳۹
منابع اضافی ۵۳۹

فصل هفدهم ـ سلسله پروتیستا

برخی اهداف فراگیری ۵۴۳
نظر اجمالی ۵۴۳
مقدّمه ۵۴۴
ویژگیهای سلسله پروتیستا ۵۴۵
جلبکها ۵۴۵

شاخه کریزوفیتا ـ جلبکهای قهوه‌ای طلایی ۵۴۶
شاخه پیروفیتا (دینوفلاژلاتها) ۵۴۹
شاخه یوگلنوفیتا ـ یوگلنوییدها ۵۵۲
شاخه کلروفیتا ـ جلبکهای سبز ۵۵۳
شاخه فئوفیتا ـ جلبکهای قهوه‌ای ۵۶۹
شاخه رودوفیتا ـ جلبکهای قرمز ۵۷۴
انسان و اهمیت اکولوژیکی جلبکها ۵۷۹
خلاصه ۵۸۵
پرسشهای یادآوری ۵۸۸
پرسشهای تشریحی ۵۸۸
منابع اضافی ۵۸۹

فصل هجدهم ـ سلسله قارچها و گلسنگها

برخی اهداف فراگیری ۵۹۳
نظر اجمالی ۵۹۳
مقدّمه ۵۹۴
ویژگیهای سلسله قارچها ۵۹۶
زیرسلسله میکسومیکوتینا ـ کپکهای مخاطی ۵۹۸
انسان و روابط اکولوژیکی کپکهای مخاطی ۶۰۳
زیرسلسله کیتریدومیکوتینا ـ کیتریدها ۶۰۳
زیرسلسله ماستیگومیکوتینا ـ کپکهای آبزی ۶۰۴
انسان و روابط اکولوژیکی کپکهای آبزی ۶۰۵
زیرسلسله یومیکوتینا ـ قارچهای حقیقی ۶۰۷
انسان و روابط اکولوژیکی قارچهای حقیقی سینوسیت ۶۰۹
انسان و روابط اکولوژیکی قارچهای کیسه دار ۶۱۴
انسان و روابط اکولوژیکی قارچهای چوگانی ۶۳۰
انسان و روابط اکولوژیکی قارچهای ناقص ۶۳۸

گلسنگها ۶۴۲
انسان و روابط اکولوژیکی گلسنگها ۶۴۶
خلاصه ۶۴۷
پرسشهای یادآوری ۶۵۲
پرسشهای تشریحی ۶۵۳
منابع اضافی ۶۵۴

فصل نوزدهم ـ مقدّمه‌ای بر سلسله گیاهان: بریوفیتها

برخی اهداف فراگیری ۶۵۹
نظر اجمالی ۶۵۹
اختصاصات سلسله گیاهی ۶۶۰
مقدّمه‌ای بر بریوفیتها ۶۶۱
شاخه بریوفیتها ۶۶۵
انسان و روابط اکولوژیکی بریوفیتها ۶۸۱
خلاصه ۶۸۲
پرسشهای یادآوری ۶۸۵
پرسشهای تشریحی ۶۸۵
منابع اضافی ۶۸۶

فصل بیستم ـ مقدّمه‌ای بر گیاهان آوندی: سرخسها و خویشاوندان آنها

برخی اهداف فراگیری ۶۸۹
نظر اجمالی ۶۸۹
مقدّمه ۶۹۰
شاخه پسیلوفیتا ـ سرخسهای ریش دار ۶۹۱
شاخه لیکوفیتا ـ خزه‌های چوگانی و گیاهان ایزوئیتز ۶۹۶
انسان و روابط اکولوژیکی خزه‌های چوگانی (پنجه گرگها) و گیاهان ایزوئیتز ۷۰۵
شاخه اسفنوفیتا ـ دم اسبیان و گیاهان پاك کننده ۷۰۶

انسان و روابط اکولوژیکی دم‌اسبیان و گیاهان پاك کننده ۷۱۳
شاخه پتروفیتا ـ سرخسها ۷۱۵
انسان و روابط اکولوژیکی سرخسها ۷۲۲
فسیلها ۷۲۸
خلاصه ۷۳۲
پرسشهای یادآوری ۷۳۵
پرسشهای تشریحی ۷۳۶
منابع اضافی ۷۳۶

فصل بیست و یکم ـ مقدّمه ای بر گیاهان دانه دار ـ بازدانگان

برخی اهداف فراگیری ۷۴۱
نظر اجمالی ۷۴۱
مقدّمه ۷۴۲
شاخه کانیفروفیتا ـ مخروط داران ۷۴۴
بازدانگان دیگر ۷۵۵
شاخه سیکادوفیتا ـ سیکادها ۷۵۵
شاخه گینگوفیتا ـ گینگوها ۷۵۷
شاخه گنتوفیتا ـ گنتومها ۷۵۷
انسان و روابط اکولوژیکی بازدانگان ۷۶۱
خلاصه ۷۷۵
پرسشهای یادآوری ۷۷۸
پرسشهای تشریحی ۷۷۸
منابع اضافی ۷۷۹

فصل بیست و دوم ـ گیاهان گلدار

برخی اهداف فراگیری ۷۸۳
نظر اجمالی ۷۸۳

مقدّمه ۷۸۴
شاخه آنتوفیتا ـ گیاهان گلدار ۷۸۶
اکولوژی گرده‌افشانی ۸۰۰
هرباریوم و حفظ گیاه ۸۰۸
خلاصه ۸۱۵
پرسشهای یادآوری ۸۱۸
پرسشهای تشریحی ۸۱۸
منابع اضافی ۸۱۹

فصل بیست و سوم ـ گیاهان گلدار و تمدّن

برخی اهداف فراگیری ۸۲۳
نظر اجمالی ۸۲۳
مقدّمه ۸۲۴
منشأ گیاهان زراعی ۸۲۵
خانواده‌های برگزیده گیاهان گلدار ۸۲۸
خلاصه ۸۷۲
پرسشهای یادآوری ۸۷۳
پرسشهای تشریحی ۸۷۴
منابع اضافی ۸۲۴

فصل بیست و چهارم ـ اکولوژی

برخی اهداف فراگیری ۸۷۹
نظر اجمالی ۸۷۹
مقدّمه ۸۸۰
جمعیتها، جوامع، و اکوسیستمها ۸۸۱
عمل متقابل بین گیاهان، علف‌خواران و موجودات دیگر ۸۸۷
چرخه ازت ۸۹۰

چرخه کربن ۸۹۲
توالی ۸۹۴
اکولوژی آتش ۹۰۰
انسان در اکوسیستم ۹۰۲
بیومهای اصلی آمریکای شمالی ۹۰۷
خلاصه ۹۲۲
پرسشهای یادآوری ۹۲۶
پرسشهای تشریحی ۹۲۷
منابع اضافی ۹۲۸

پیشگفتار مترجم

در طول سالهایی که به تدریس علوم گیاهی مشغول بوده‌ام همواره احساس کمبودی در زمینهٔ بیولوژی گیاهی در سطح دانشگاهی داشته‌ام و کتابی موجود نبوده که مجموعه اطّلاعات پیوسته و منسجمی را در این زمینه در دسترس من و دانشجویانم قرار بدهد و نیازهای ما را پاسخگو باشد تا این که در یکی از نمایشگاههای کتاب به این اثر «***مبانی بیولوژی گیاهی***» برخورد کردم. پس از بررسی و مطالعه همه جانبه آن تقریباً مطمئن شدم که مجموعه مطالب و اطّلاعات این کتاب نیازهای ما را تا حدود زیادی برطرف می نماید. در واقع این چیزی بود که من سالها به دنبال آن بودم و لذا مبادرت به ترجمهٔ آن نمودم، اگرچه کار نسبةً دشواری بود.

کتاب «مبانی بیولوژی گیاهی» نوشتهٔ ك ـ ار ـ استرن که چاپ پنجم آن اینک ترجمه شده با سبکی خاص و بسیار جالب توجّه موضوعات را ارائه نموده و دارای مجموعه اطّلاعات ارزشمندی است که فراهم نمودن آنها کار ساده‌ای نمی باشد. به نظر من سرفصلهای بیولوژی گیاهی را بطور کامل پوشش داده است. فراگیری مجموعه اطّلاعات این کتاب چیزی است که برای هر دانشجوی زیست شناسی لازم است و پایه گذار گرایشها و رشته های تخصصی او می باشد. چون در این کتاب جنبه های کاربردی و دارویی گیاهان نیز مورد بررسی قرار گرفته است، لذا فصولی از آن برای برخی از رشته های کشاورزی و داروسازی نیز مورد استفاده خواهد داشت.

کیان مهر ـ ۱۳۷۷

فصل اوّل ـ رشد و تکامل مطالعات گیاه شناسی

رؤوس مطالب

برخی اهداف فراگیری

نظر اجمالی

مقدّمه

تاریخچه و توسعهٔ مطالعات گیاه

گیاهان و انسانهای ابتدایی

گیاه شناسی به عنوان یک علم

پدیدار شدن هربالها

میکروسکپهای اوّلیه

شاخه های علم گیاه شناسی

علوم گیاه شناسی و آینده

خلاصه

پرسشهای یادآوری

پرسشهای تشریحی

منابع اضافی

کپه‌ای تهیه Mexico City کپه‌ی هزار هویی

فصل اوّل

رشد و تکامل مطالعات گیاه شناسی

برخی اهداف فراگیری

۱- توضیح مختصری دربارهٔ روش علمی و فرضیّه ها.

۲- سهمی که افراد زیر در پیشرفت علم گیاه شناسی داشته اند نام برده و معرّفی کنید؛ تئوفراستوس، لوئی فن هوك، مالپیگی، گرو، فن هلمونت، لینه.

۳- شناخت اصول هربالها و مُهر شناسایی مربوط به آنها.

۴- شناخت رشته های مهمّ گیاه شناسی، و اشاره ای به جنبه های خاصّ هریک از آنها.

نظر اجمالی

در این فصل، گیاه شناسی به شما معرّفی می شود: چه هست، توسعهٔ آن چگونه صورت گرفته، و با زندگی روزمرّهٔ ما دارای چه ارتباطی است و چه کاربردی برای آینده دارد. بحث شامل مقدّمهٔ مختصری از شروع مطالعهٔ گیاه شناسی در تمدّن باستان، آزمایشی از روشهای علمی، و نگاهی به توسعهٔ گیاه شناسی پس از اختراع میکروسکپ، می شود. این فصل با بررسی کوتاهی از رشته های مهمّ علم گیاه شناسی خاتمه می یابد.

مقدّمه

اخیراً من برای شام مشغول صرف غذای دریایی دریک رستوران نسبةً کم نور، بودم و متوجّه شدم بعد از این که شروع به صرف غذا کردم نور ضعیفی از یکی از میگوهای پخته به چشمم خورد و من برای این که نور اتاق کم شود دستهایم را اطراف غذا گذاشتم و مشاهده کردم که در واقع میگو در تاریکی می تابد. گارسون را صدا زدم و او از دیدن این پدیده حیرت زده شد و فوراً بشقاب مرا برد و خیلی زود به همراه میگویی عادی برگرداند. او بعداً به من گفت که در یخچال رستوران میگوهای دیگری هم کشف کرده اند که از خود نور ساطع می کرده اند.

درخشش سطح میگو، از وجود باکتریهای شب تاب و بی ضرری بود که در اثر واکنشهای شیمیایی درون سلّولهای خود، بجای گرما نور ایجاد می کنند. این تابش، شبیه پدیدهٔ زیست تابشی است (بیولومنیانس) که در کرم شب تاب و بعضی از جلبکهای دریایی وجود دارد (به فصلهای ۱۱ و ۱۷ مراجعه شود). این واقعه، شکل کوچکی از مهندسی ژنتیک و تحقیقات آن را به خاطرم آورد (در فصل ۱۶ بحث می شود)، و آن عبارت است از تزریق ژن درخشندگی به گیاهان تنباکو به هدف شب تابی در برابر آفت. دانشمندان امیدوارند که بتوانند ژن شب تابی را به عنوان یک مکانیسم دفاعی وارد گیاهان زراعی کنند تا در اثر ورود آفت، شروع به تابش نماید و زارعین را از آلودگی گیاه آگاه سازد.

مهندسی ژنتیک که در ارتباط با انتقال یک ژن مطلوب از یک موجود زنده به دیگری می باشد، امکانات زیادی را برای بهبود کیفیّت و محصولات گیاهان زراعی و نیز جلوگیری و حذف بیماریهای انسانی فراهم می کند (رجوع شود به فصل ۱۶). پیشرفتهای اخیر مهندسی ژنتیک شامل باکتریهایی می شود که قادرند از ورود خسارات به گیاهان در دمای پایین و یخ بندان حتّی تا حدّ ۵ درجهٔ سانتی گراد زیر صفر جلوگیری نمایند. باکتریهای دیگری که قادرند نفت خام ریخته شده را تجزیه کنند و همچنین موادّ اضافی پالایشگاهها، فاضلابها، غذاهای فاسد و موادّ سلّولزی کاغذهای باطله را تجزیه و تخریب کنند. بعضی دیگر، می توانند موادّ چربی و گریس را در راههای آب و فاضلاب تجزیه کرده و از انسداد لوله ها جلوگیری نمایند. متخصّصین اصلاح نبات، قبلاً گونه های فراوانی از گیاهان هیبرید با مقاومت بیشتر نسبت به بیماریها و با محصولات بهتر از والدین خود را به ما عرضه کرده اند. آنها همچنین در تلاشند گیاهانی تولید کنند که مانع از رشد علفهای هرز شوند و یا در مناطقی بروید که برای رشد گیاهان زراعی مناسب نیستند. گیاهان دیگری که بطور طبیعی حشرات را دفع می کنند در دست پژوهش می باشند. برای مثال،

محقّقین اصلاح نباتات دانشگاه کرنل روی تولید یک گیاه سیب زمینی با کرکهای چسبناك بررسی می کنند که می تواند حشرات را به دام اندازد. دیگر دانشمندان، سعی در ایجاد گیاهانی دارند که میزان پروتئین و ویتامین بالاتری داشته باشند. متخصّصین اصلاح نباتات همچنین مشغول ایجاد واریته هایی هستند که قادرند محیط خشک و خاکهای شور را بیشتر تحمّل کنند. بعضی گیاهان دیگر که به اصطلاح «چسب سبز» نامیده می شوند به ذرّات خاك چسبیده، باعث تثبیت آنها شده و حتّی بیابان زدایی کنند. در یک یا دو دههٔ آینده مسلّماً گیاهانی را با ویژگیهای متفاوت مشاهده خواهیم نمود که بکلّی توسّط والدین بزرگ ما غیرقابل پیش بینی بوده اند.

چنین تحقیقات و نوآوری از اهمّیت ویژه ای برخوردار است، بخصوص این که ملاحظه می کنیم از بدو تولّدمان کاملاً به گیاهان سبز و جلبکها وابسته بوده ایم. اگر شما مایلید که این گفته را اغراق آمیز تلّقی کنید، در نظر بگیرید که تنها موجودات زنده سبز هستند که انرژی خورشیدی را به شکل قابل استفاده برای جانوران در می آورند. چنین انرژی برای جانوران حیاتی است. به علاوه در نظر بگیرد که تمام اکسیژنی که ما تنفّس می کنیم حقیقةً از چنین موجودات سبزی حاصل می شود؛ و همچنین آنها قادرند دی اکسید کربن را که ما به اتمسفر می دهیم جذب کنند. اگر بیماری عمده ای تمام یا بخشی از گیاهان روی کره زمین را از بین ببرد (این شامل گیاهان دریایی نیز می شود)، تمام موجودات دریا، خشکی و هوا، گرسنه خواهند ماند، حتّی اگر منبع انرژی دیگری نیز وجود داشته باشد، جانوران پس از ۱۱ سال در اثر کمبود اکسیژن خفه خواهند شد. این زمانی است که برای پایان یافتن اکسیژن زمین در صورت عدم وجود منبع تأمین کنندهٔ آن، تخمین زده شده است.

جدا از این جنبه ها، موجودات سبز و محصولات آنها چنان در تار و پود اجتماعی انسانها رسوخ یافته است که ما آن را یک امر عادی تلّقی می کنیم. البتّه ما آگاه هستیم که ذرّت، سیب زمینی و دیگر سبزیجات، ازجمله گیاهان هستند و تمام غذاها شامل گوشت، ماهی، مرغ، تخم مرغ، پنیر، شیر، به گیاهان وابسته اند. ادویه جات مانند خردل، فلفل و نیز موادّ زینت بخش از قبیل عطرها، رنگها نیز مانند چسبها و الیاف مورد استفاده در جراحی و نوشیدنیها، از گیاهان تولید می شوند. از الوار برای ساخت خانه ها، و از ترکیبات سلّولزی آنها برای تولید کاغذ و ساخت فیبرها استفاده می شوند. منسوجات، لباسها، تجهیزات پیک نیک، سرویس خواب و دیگر کالاهای پارچه ای، از گیاهان مختلف تهیّه می شوند. ذغال سنگ از فسیل شدن موادّ گیاهی، و نفت از موجودات زندهٔ سبز میکروسکپی و یا جانورانی که

بطور مستقیم یا غیرمستقیم گیاهان را مصرف می کرده اند. به وجود می آید. زمانی تمام داروها، از گیاهان، قارچها و باکتریها ساخته می شدند و هنوز بسیاری از داروهای مهم و نیز بعضی از آنتی بیوتیکها از گیاهان به دست می آیند. حتّی محصولات زاید گیاهان و جانوران نیز به وسیلهٔ میکروارگانیسمها وارد چرخه شده و باعث غنی شدن خاك می شود، بعضی نیز در انسان تولید بیماری و حسّاسیت می کنند.

چه کاهش نفت و دیگر سوختهای فسیلی ازنظر اقتصادی و سیاسی حائز اهمّیت باشد یا نه، واضح است که طبیعت آنها دارای ارزش بوده و این سوختها روزی تمام خواهند شد. از این رو بایستی توجّه خود را به منابع دیگر انرژی معطوف کنیم. گاز متان که می تواند به عنوان یک جانشین گازهای طبیعی مورد استفاده قرار گیرد از کودهای حیوانی و بقایای گیاهی تولید می شود. این گاز در تعدادی از روستاهای هندوستان و یا جاهای دیگر در مقیاس وسیعی استفاده می شود و چندین سال هم هست که به مقدار کم در ایالات متّحده مورد استفاده قرار می گیرد. در حال حاضر طرحهایی در دست اجراست که بتوان متان را به صورت انبوه از مدفوع انسان تهیّه کرد. سیب زمینی و غلّات و منابع دیگر هیدراتهای کربن اخیراً بفراوانی در صنایع الکل سازی مورد استفاده قرار می گیرند و بعضی نیز با بنزین مخلوط می شوند؛ و چنین استفاده هایی در آینده افزایش می یابد.

نقش گیاهان در آینده چیست و اهمّیت آنان تا چه اندازه است؟ در سال ۱۹۸۸ تعداد ۵ میلیارد انسان در حال زیستن بر روی زمین بودند و تا سال ۲۰۰۰ جمعیت زمین بالغ بر ۶ میلیارد نفر خواهد شد، که همهٔ آنها نیاز به غذا، پوشاك، و مسکن برای ادامه حیات دارند. برای این که حیات ما انسانها تضمین شود اکثریت ما نیاز داریم نه تنها روشهای پرورش گیاهان را بیاموزیم بلکه ناچاریم استفاده از گیاهان را در جهت تصفیه آبهای آلوده و نحوهٔ استفادهٔ مجدّد از زمینهای زراعی، و زیباسازی مناطق شهرنشین را بیاموزیم. به علاوه همهٔ ما باید بدانیم که چگونه می توان کشت انواع گیاهان را که در نتیجهٔ افزایش سرسام آور ساکنین زمین رو به کاهش هستند افزایش داد.

به عقیدهٔ بسیاری، انسان در آینده شانس کمی دارد که خودش را از دست خود رهایی بخشد و لذا ممکن است نیاز به مهاجرت به سایر سیّارات را پیدا کند. اگر چنین باشد جلبکهای میکروسکپی در سفرهای فضایی نقش حیاتی ایفا خواهند کرد. برای چندین سال است که آزمایشات با چنین تولیدکننده های اکسیژنی که اصطلاحاً «ژنراتورهای اکسیژن» نامیده می شوند

پیشرفتهایی داشته است. مخزنهای آب محتوی جلبکهای سبز کوچک در سفینه های فضایی تعبیه شده و برای مدّتی در معرض نور قرار می گیرند. این جلبکها نه تنها اکسیژن را برای تنفّس ساکنین سفینه فراهم می کنند بلکه دی اکسید کربن حاصل از تنفّس آنها را نیز مصرف می کنند. به علاوه همان طور که آنها زیاد می شوند، جلبکهای اضافی می توانند به وسیلهٔ نوعی میگو مورد تغذیه قرار گیرند. این میگوها به نوبهٔ خود تکثیر شده و غذا برای فضانوردان فراهم می کنند. مواد زاید نیز به وسیلهٔ میکروارگانیسمهای مختلف به چرخه در می آیند. هنگامی که این سیستم بسته خودکفا وجود داشته باشد، طول زمانی سفینه ها بطور چشم گیری افزایش پیدا خواهد کرد، و نیازی به حمل مخازن سنگین اکسیژن و همچنین ذخیرهٔ موادّ غذایی نخواهد بود.

در گذشته انسانهای ابتدایی نه تنها از گیاهان برای غذا، پناهگاه، پوشاك و دارو، بلکه برای شکار و ماهی گیری نیز استفاده می کردند. امروزه گروههای کوچکی از گیاه شناسان، انسان شناسان و پزشکان در حال مصاحبه و گفتگو با داروشناسان و پزشکان گیاهی قدیمی در مناطق گرمسیری و دور افتاده هستند و یادداشتهایی را مبنی بر استفاده های مختلف گیاهان به وسیلهٔ انسانهای قدیمی بر می دارند. تلاشهای این دانشمندان به منظور حفاظت از گیاهانی می باشد که ممکن است برای تمدّن پیشرفتهٔ بشر لازم باشند قبل از آن که به علّت از بین رفتن زیستگاههای طبیعی خود منقرض شوند.

تاریخچهٔ کهن و رشد علم گیاه شناسی

مواردی مشاهده شده است که تعدادی مادران نگران و یا پزشکان اطفال با من تماس گرفته اند و می خواسته اند بدانند آیا گیاهانی که در باغچهٔ منزل مورد استفادهٔ کودکان قرار گرفته، سمّی بوده است یا خیر. من همچنین به وسیلهٔ مجریان قانون، طرّاحان زیباسازی، کلکسیونرهای دانه های گرده و دانشجویانی که به گلهای وحشی علاقه مند بوده اند، گیاهخوران، باغبانها و اشخاص حرفه ای و غیرحرفه ای که علاقهٔ زیادی به زندگی گیاهان داشته اند، مورد مشورت قرار گرفته ام. برخی خواسته اند که گیاهان آنها را شناسایی کنم، بعضی دیگر توصیه هایی را جهت درمان بیماریهای گیاهی خواسته اند. عدّه ای دیگر خواهان اطّلاعات و روشهای پیوندزنی و آگاهیهایی در مورد تأثیر آبهای آلوده (آبهایی که پس از استحمام و شست و شوی ظروف مورد استفادهٔ مجدّد قرار می گیرند) بر روی گیاهان، پرورش گیاهان در مکانهای ویژه، استفادهٔ خوراکی از گیاهان وحشی و موارد بسیار دیگر در رابطه با گیاهان بوده اند.

دانش مربوط به حیات گیاهان در سراسر جهان امروزه دامنهٔ بسیار وسیعی پیدا کرده است؛ بطوری که برای هیچ کس مقدور نیست جز در برفهٔ اندکی از آن تخصّص پیدا کند. ولی کتابخانه های ما هزاران جلد کتاب دارند که در مورد کلّیهٔ رشته های تحقیقاتی گیاه شناسی بطور کامل مطلب داشته و نیز ژورنالهای تحقیقاتی نیز آخرین پژوهشهای روز را به سراسر دنیا منتشر می کنند. چرا و چگونه همهٔ این دانستنیها جمع شده اند؟ برای جواب به این پرسش، لازم است که خلاصه ای از تاریخچه و توسعهٔ این علم را بدانیم.

گیاهان و انسانهای ابتدایی

شواهد باستان شناسی نشان می دهد که بین ۳۵۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ سال پیش، انسانها به آمریکا و استرالیا مهاجرت کردند. مهاجرت به آمریکا ظاهراً بین سیبری و آلاسکا از تنگهٔ برینگ که در دوران پلیستوسین یک پل رابط زمینی بود صورت گرفته است. این مردم کهن، شکارچیان اوّلیه بودند. در حقیقت انقراض تعدادی از پستانداران بزرگ خشکی در آمریکای شمالی با ظاهر شدن انسانها در ۱۳۰۰۰ تا ۹۰۰۰ سال قبل از میلاد تطابق می کند. گرچه در آن زمان تغییراتی نیز در اقلیم و پوششهای گیاهی رخ داده است. اگر شما یک شکارچی یا ماهیگیر باشید بخوبی آگاه هستید که موفّقیت در شکار یا ماهی گیری بطور قابل توجّهی می تواند در شرایط محیطی مختلف متفاوت باشد.

پیشینیان ما، در ۸۰۰۰ سال پیش از میلاد شروع به توسعهٔ منابع غذایی به صورتهای ابتدایی کشاورزی نمودند. شواهد باستان شناسی از دیوارهٔ قبرها، اشیای مومیایی شده، خطوط تصویری، نقّاشی غارها و حجّاریها نشان می دهد که در ۶۵۰۰ سال قبل از میلاد، دانه ها، غلّات و میوه های خاصّی (مانند انجیر، زیتون، انار، خرما) بخوبی در خاور نزدیک کشت می شدند. خاور نزدیک و مراکز مهمّ دیگری که جایگاه اوّلیهٔ گیاهان زراعی هستند در فصل ۲۳ مورد بحث قرار گرفته است. در ۴۰۰۰ سال پیش از میلاد خرما یکی از مهمترین محصولات برای آشوریها و مصریان محسوب می شد. خرما به صورت تازه یا خشک مصرف می شد و از شیرهٔ آن برای تهیّهٔ مشروبات الکلی استفاده می شد. اگرچه آنها از جزئیات اطّلاعی نداشتند، از جنسیّت درخت خرما آگاه بودند و درختان ماده را توسّط دست باروَر می کردند. آشوریها در قرن هفتم قبل از میلاد لیست منظّمی از گیاهان دارویی را تهیّه کرده بودند که نشان می داد پزشکان و داروشناسان از گیاهان و استفاده های آنها آگاهیهای باارزشی داشته اند.

دست کم حدود ۴۵۰۰ سال است که چینیها گیاهان دارویی و دیگر گیاههای مفید را کشت می کرده‌اند. نوشته های قدیمی پراکنده می باشد و محال است بتوان واقعیّت را از افسانه جدا کرد. در هر صورت بعضی از شواهد نشان می دهد که بنیانگذار زراعت چینی امپراطوری بنام شِن نونگ بوده است که در سال ۲۷۳۷ قبل از میلاد متولّد شده است. گفته می شود که شِن نونگ گاوآهن را اختراع کرد؛ همچنین جشن کشت دانه را پایه گذاری نمود که در طیّ آن، دانه های لوبیا، گندم، برنج، ارزن و سورگوم به وسیلهٔ پادشاه کشت می شد. به نظر می رسد او در زمینهٔ سموم و پادزهرها آگاه بوده است. او همچنین یک کتاب در مورد داروها و پزشکی نوشت که در مجموعه پونت سائو یک دارونامهٔ ۴۰ جلدی چینی (کتاب رسمی برای تشخیص داروها) که در قرن هفدهم انتشار یافت نیز آمده است. در طیّ حکومت قوم هان که از ۲۰۰ سال پیش از میلاد تا تولّد حضرت مسیح (ع) ادامه داشت، باغها در چین توسعه زیادی یافتند و تعداد زیادی گیاهان زینتی پرورش داده شدند. گیاهان نظیر پامچال، خشخاش و داوودی بیش از ۲۰۰۰ سال قبل از چین به غرب برده شدند.

مصریان اَشکال ابتدایی گندم و جو را از حدود ۵۰۰۰ تا ۳۴۰۰ سال قبل از میلاد می کاشته‌اند. گرچه آن طور که از مدارك به دست آمده است این دو گیاه در ۱۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ سال پیش از میلاد کشت می شدند. بسیاری از انواع جدید غلّات مانند «جو ۶ ردیفی» ممکن است در ۲۰۰۰ سال قبل از میلاد زیر کشت رفته باشند، مصریها ظاهراً در ۵ قرن قبل از میلاد از آن (بوزا) یک نوع آبجو تهیّه می کرده اند.

گیاه‌شناسی به عنوان یك علم

مطالعهٔ گیاهان که علم گیاه شناسی (Botany) نامیده می شود از واژهٔ فرانسوی بوتانیک botanique (گیاهی) و سه واژهٔ یونانی botanikos (گیاهی)، botane (گیاه یا گیاه علفی) و boskein (تغذیه) مشتق می شود. منشأ آن، ظاهراً به انسانهای عصر حجر برمی گردد که می کوشیدند اطراف خود را تغییر داده و تغذیه کنند. ابتدا اوّلین توجّه به گیاهان، به لحاظ عملی و کاربردی بوده است که چگونه گیاهان می توانند خوراك، الیاف، سوخت، و داروهای گیاهی را تأمین کنند. ولی نهایةً در هر صورت علاقهٔ عقلانی و علمی تحریک شد. افراد به طرز تکثیر گیاهان و ساختار آنها کنجکاو شدند. این کنجکاویها منجر به مطالعهٔ گیاهان به صورت یک علم شد که بطور ساده می توان آن را به «جستجو در دنیای طبیعی» تعریف کرد.

علم را می توان از دیگر رشته های عقلانی به وسیلهٔ چندین ویژگی مشخّص نمود. علم شامل مشاهده، ثبت، سازمان دهی، و طبقه بندی حقایق است، و از همه مهمتر این که چگونه بایستی با این دانستنیها عمل کرد. روشهای انجام مطالعات علمی شامل تجربه، مشاهده، اثبات یا ردّ اطّلاعات ازطریق استدلالات حاصل از نمونه های شناخته شده می باشد. هیچ گونه توافق همگانی در مورد جزئیات دقیق این پدیده وجود ندارد. چند دهه قبل روش مطالعهٔ علمی به صورت یک سری از مراحل منظّم معمولی تلقّی می شد و یک سری از مراحل به عنوان روشهای علمی شناخته می شد و هنوز هم نمونه هایش وجود دارد که چنین برداشت ساختاری در مورد آنها صدق می کند. ولی در حال حاضر روشهای علمی طرز آزمون فرضیّه ها را توضیح می دهد.

به زبان ساده، یک فرضیّه، توضیحی تقریبی از یک رویداد اثبات نشده ای است که مشاهده می شود. ممکن است این توضیح صحیح نباشد. آزمایش، درست و نادرست بودن آن را تعیین می کند. برای این که به وسیلهٔ دانشمندان دیگر پذیرفته شود نتایج حاصل از هر آزمایش بایستی قابل تکرار باشد و دیگران بتوانند آن را انجام دهند. طبیعت آزمایش برحسب شرایط و روشها تغییر خواهد کرد. به عنوان مثال، ممکن است مشاهده کنیم که سیبها میوه های قرمزی هستند که مزّهٔ شیرین دارند. یک فرضیّه شکل می گیرد که همهٔ میوه ها قرمز، شیرین هستند. به وسیلهٔ چشیدن می توان میوه های قرمز فرضیّه را آزمایش نمود و به عنوان نتیجه حاصل از چشیدن (چون سیبهای قرمز وحشی، تلخ هستند)، ممکن است فرضیّه را به این صورت تغییر داد که تنها بعضی از میوه های قرمز، شیرین هستند.

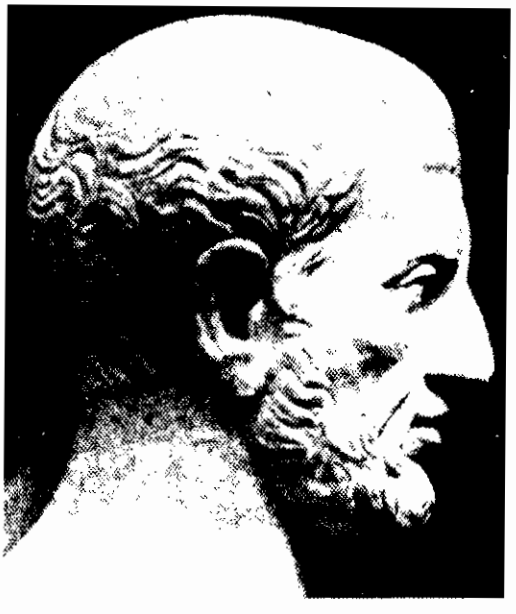
وقتی که یک فرضیّه آزمایش می شود، داده ها (اجزای اطّلاعات) جمع شده و ممکن است به شکل گیری یک قانون یا اصل، منجر شود. چندین اصل ممکن است به صورت گروهی یک تئوری شوند که یک حدس ساده نیست. یک تئوری مجموعه ای از قواعد کلّی (اصول) است که می تواند برای درك بعضی از حقایق به ما کمک کند. ما فقط زمانی یک تئوری را رد کرده یا تغییر می دهیم که اصول جدید آگاهی ما را از پدیده ها افزایش دهد.

به هر صورتی که علم تعریف شود مشخّص است که علم گیاهی در یونان باستان وجود داشته است. بطوری که در تمدّنهای کهنتر نیز اتّفاق افتاد علم گیاه شناسی زمانی شروع شد که یونانیان قدیم به کاربرد گیاهان ازنظر غذایی و دارویی علاقه پیدا کردند، البتّه آنها بتدریج در مورد ساختمان و عمل گیاهان کنجکاو شدند. هنگامی که پزشکان و داروسازان آن زمان گیاهان دارویی را جمع آوری می کردند و مورد استفاده قرار می دادند، اختلافات و اشکالات را مطالعه

کرده و به روابط بین آنها پی می بردند.

یکی از این پزشکان گیاهی یونان بنام ستاجیریت در سال ۳۸۴ پیش از میلاد دارای یک پسر شد که بعدها یکی از معروفترین فلاسفهٔ زمان گردید بنام ارسطو. گرچه ارسطو شاید بیشتر جهت کارهای فلسفی خود معروف باشد لیکن او یک ریاضی دان فاضل نیز بود و همچنین دانش وسیعی در زمینه های مختلف تاریخ طبیعی به دست آورد. در حقیقت او فلسفه و علم را در هم ادغام کرد بطوری که کمتر فیلسوفی این کار را کرده است. در سنّ هفده سالگی ارسطو به آتن رفت و در آن جا پلاتو را ملاقات کرد و برای چندین سال جانوران دریایی را در یک محدودهٔ ساحلی مطالعه کرد و سرانجام به آتن بازگشت و اوّلین باغ گیاه شناسی را که هیچ نوشته و اثری از آن موجود نیست تأسیس نمود.

هنگامی که ارسطو درگذشت، بنابه وصیّت نامه اش، باغ گیاه شناسی و مجموعهٔ کتابخانهٔ او به شاگرد و آسیستان ارسطو یعنی تئوفراستوس (شکل ۱-۱) داده شد. تئوفراستوس یک شخصیّت استثنایی بود، کسی که نه تنها تمام دانش ارسطو را در مورد گیاهان



شکل ۱-۱ تئوفراستوس.

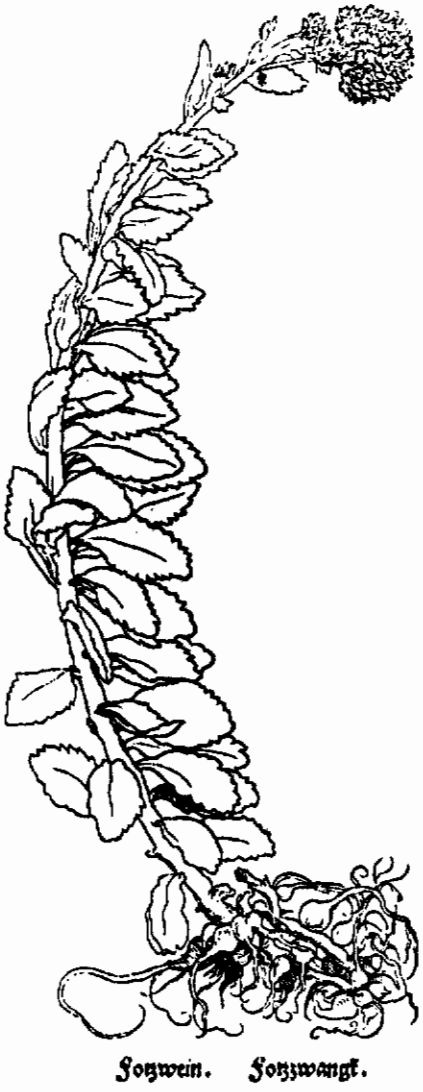
به دست آورد بلکه بطور حیرت آوری مشاهدات خویش را به آنها افزود. گفته شده است که او ۲۰۰۰ شاگرد داشته و ۲۰۰ مجموعه (کتاب) و رساله نوشته است. مهمترین نوشته های او تحت عنوان «تاریخچهٔ گیاهان» و «علل وجودی گیاهان» تاکنون باقی مانده است. او به علم گیاه شناسی چنان خدمات ارزنده ای کرد که گیاه شناس معروف سوئدی در قرن هیجدهم یعنی لینه به او لقب پدر علم گیاه شناسی را داد. افراد کم و نادری چنین افتخاری را که به او نسبت داده شده است نفی کرده اند.

پدیدار شدن هربالها

در طیّ قرن دوم بعد از میلاد دو کتاب نوشته شد که بر مطالعات گیاه شناسی تأثیر زیادی گذاشتند، یکی کتاب «تاریخ طبیعی» نوشتهٔ پلینی که شامل فهرستهایی از گیاهان خوراکی و دارویی بود و دیگری «موادّ دارویی» اثر دیوسکورید اوّلین کتاب مصوّر گیاهان بود که تمام تصاویر آن با زحمت و با دست رسم شده بودند. بسیاری از اسامی متداول که دیوسکورید استفاده کرده بود امروزه نیز مورد استفاده اند. پژوهشگران اروپایی که بعد از دیوسکورید این کتابها را با دست نسخه برداری کرده بنام هربال معروف شدند. این کتابها به درجه ای از دقّت رسیدند که تمام پرسشهای مربوطه را پاسخ می دادند؛ ولی بعداً در اعصار تاریک و قرون وسطی که از ۴۰۰ تا ۱۴۰۰ سال بعد از میلاد به طول انجامید ایده های جدید خیلی کمی به آنها افزوده شد.

اختراع صنعت چاپ در اواسط قرن پانزدهم باعث شد تعداد این هربالها بطور سرسام آوری افزایش یابد و زمان بین سالهای ۱۵۰۰ تا ۱۷۰۰ بعد از میلاد *عصر هربالها* نام گرفت. کارهای گیاه شناسی در اصل محصول گیاه شناسان آلمانی بود اگرچه تعدادی از گیاه شناسان ایتالیایی و انگلیسی بین سالهای ۱۴۷۰ تا ۱۶۷۰ نوشته هایی ارائه دادند. هربالیستها (کسانی که هربالها را می نوشتند) به گیاهان دارویی علاقه مند بودند و آنها را در باغهای گیاه شناسی که در آن زمان در سراسر اروپا زیاد شده بود مطالعه می کردند. آنها تصاویر ماهرانه و شگفت آوری را در هربالها خلق کردند. گاهی این هربالها با داستانها و نقل قولهای سرزمینهای کهن همراه بود. تعدادی از این داستانها به افسانه و اصول عقاید تبدیل شد. برحسب این عقاید اگر بخشی از گیاه مانند ریشه به شکل یک عضو بدن انسان باشد می تواند در معالجهٔ آن عضو مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین مغز گردو که تا حدّی مینیاتوری از

مغز انسان است برای امراض مغزی استفاده می شد. برگهای هپاتیک که لبه هایی شبیه کبد انسان دارد برای دردهای کبدی تجویز می شد. یکی از مشهورترین هربالیستها به نام اتوبرانفلز یک هربال ۳ جلدی در سال ۱۵۳۰ میلادی منتشر نمود. اثر وی حاوی تصاویر فوق العاده زیبایی بود و به عنوان کاری حدّواسط بین گیاه شناسی کهن و مدرن تلقّی می شد.



شکل ۲-۱ یك تصویر از هربال اتوبرونفلز (سال ۱۵۳۰).

میکروسکپهای اوّلیه

میکروسکپها نه تنها بر روی مطالعات گیاهان، بلکه بر روی تمام علوم زیستی و رشته های مربوطه تأثیر شگرفی داشته و خواهند داشت. در سال ۱۵۹۰ میلادی زکریاس و فرانسیس جانسن برادران عینک ساز آلمانی تجربیاتی از پدرشان هانس که شخص برجسته ای در امور عینک سازی بود به دست آورند. آنها روش ترکیب دو عدسی محدب را در یک لوله آزمایش و اوّلین وسیله برای بزرگ کردن اجسام بسیار کوچک را کشف کردند. به این دلیل بخصوص از زکریاس جانسن غالباً به عنوان مخترع میکروسکپ مرکب نام برده می شود. با این وجود شخصی بنام فابر یامبرگی که در خدمت پاپ اوربان هشتم بود، برای اوّلین بار واژهٔ میکروسکپ را در نیمهٔ اوّل قرن هفدهم برای این وسیله به کار برد.

یک پارچه فروش آلمانی بنام آنتون فن لی فن هوك (۱۶۳۲-۱۷۲۳) که روی عدسیها کار می کرد در اوقات فراغت خود، میکروسکپهایی را می ساخت. او بهتر از دیگران، بخوبی در ساخت میکروسکپهای اوّلیه شناخته شده است. لی فن هوك اوّلین فردی بود که باکتریها، اسپرمها، و دیگر سلّولهای کوچک را که با میکروسکپ مشاهده کرده بود، تشریح نمود. بعضی از آنها تا ۲۰۰ مرتبه بزرگ شده بودند. سرانجام برحسب وصیّت نامه اش ۲۶ عدد از ۴۰۰ میکروسکپ دست ساز خود را به انجمن سلطنتی لندن اهدا کرد.

رشته های گیاه شناسی

قبل از اختراع میکروسکپ، مطالعهٔ گیاهان برپایهٔ تحقیقاتی استوار بود که بر روی شکل ظاهری گیاهان انجام می شد. درشت نمایی اوّلین میکروسکپها، با استانداردهای امروزی خیلی تطابق نمی کرد. ولی این وسیله توانست ما را به سَمت شناسایی سلّول هدایت نماید (در فصل ۳ بحث می شود)، و یک مسیر تازه ای را بر روی مطالعات علوم زیستی باز نماید. تشریح گیاهی که مربوط به ساختمان درونی گیاهان می شود به وسیلهٔ تعدادی از پیشروان این علم بنیان گذاشته شد. اوّلین متخصّصین تشریح گیاهی عبارت بودند از مارچلو مالپیگی (۱۶۲۸-۱۶۹۴). یک ایتالیایی که بافتهای مختلف ریشه و ساقه را کشف کرد و نهمیاه گرو (۱۶۲۸-۱۷۱۱) یک انگلیسی که دقیقتر از پیشینیان، ساختمان چوب را توصیف نمود.

فیزیولوژی گیاهی که به عمل گیاهان مربوط می شود توسّط وان هلمونت (۱۵۷۷-۱۶۴۴)

پایه گذاری شد. او یک پزشک و شیمی دان فلاندری بود (کشور قدیم فلاندرز در ساحل شمالی اروپا قرار داشت که امروزه جزو کشور بلژیک و بخشی از آن جزو شمال فرانسه است، مترجم). او اوّلین شخصی بود که پی برد نیاز غذایی گیاهان با جانوران، متفاوت است. وان هلمونت در یک آزمایش یک شاخه بید به وزن ۵ پوند را در ظرف سفالی حاوی ۲۰۰ پوند (وزن خشک) خاك کاشت. او روی خاك را پوشاند تا گرد و غبار هوا روی آن ننشیند و گیاه را آبیاری کرد. پس از ۵ سال، خاك و بید را جداگانه وزن کرد و متوجّه شد که از وزن خاك فقط ۲ اُنس کم شده ولی به وزن گیاه ۱۶۴ پوند اضافه گردیده است. او نتیجه گرفت که درخت وزن خود را از آب به دست آورده است. ما اکنون می دانیم که بیشتر وزن گیاه از فعّالیت فتوسنتز ایجاد می شود (به فصل ۱۰ رجوع شود). ولی البتّه وان هلمونت ارزش این را دارد که به واسطهٔ این آزمایش بنیادی خود در فیزیولوژی اعتبار ویژه ای داشته باشد.

در قرن هفدهم سفرهای علمی گیاه شناسی زیادی به بخشهای مختلف کرهٔ زمین صورت گرفت. در قرن پانزدهم زمانی که ***کلومبوس*** به کوبا رفت، مشاهده کرد که قبایل سرخ پوست بومی ذرّت را کشت می کردند. این گیاه زراعی مهم، ظاهراً به وسیلهٔ سرخ پوستان پرو در ۵۰۰۰ سال قبل استفاده می شده است. زمانی که کاشفین در قرن ۱۶ به آمریکا رفتند دریافتند که تمدن ذرّت از آرژانتین در جنوب به محدودهٔ رودخانه سانت لارنس در شمال آمده است. سرخ پوستان آمریکا همچنین سیب زمینی سفید را پرورش داده بودند و سرخ پوستان مکزیک گلها و گیاهان دارویی را کشت می کردند.

کاشفین، تعدادی از گیاهان را با خود به اروپا بردند و بزودی با مطالعات آنها مشخّص شد که برای دنبال کردن و سامان دادن به کلکسیونهای گیاهان، به سیستمی منظّم نیاز می باشد. چندین تاکسونومیست گیاهی (گیاه شناسانی که روی شناسایی، نام گذاری و رده بندی گیاهان مطالعه می کنند) راههایی را برای طبقه بندی پیشنهاد کردند، ولی ما سیستم کنونی رده بندی را مدیون کارل لینه (۱۷۰۷-۱۷۷۸) (شکل ۳-۱) هستیم. تاکسونومی گیاهی (سیستماتیک گیاهی نیز نامیده می شود) که قدیمیترین شاخهٔ مطالعه گیاهان می باشد، در زمانهای بسیار کهن آغاز شد. امّا در طول تاریخ، لینه بیشتر از دیگران برای آن زحمت کشید. هزاران نام گیاه که امروزه مورد استفاده است به یادداشتهای این شخص به کتاب وی بنام «گونه های گیاهان» که در سال ۱۷۵۳ منتشر شد، برمی گردد. گزارش مفصّل لینه و سیستم رده بندی وی در فصل ۱۵ مورد بررسی قرار می گیرد.

شکل ۳-۱ لینه.

تئو فراستوس (قرن چهارم پیش از میلاد) اوّلین شخصی بود که سیستماتیک را براساس رابطهٔ گیاه و محیط، تشریح نمود. امّا شاخهٔ جغرافیایی گیاهی که مطالعهٔ روش و چگونگی پراکنش گیاهان می باشد، تا قرن نوزدهم رشد نکرد. رشته مشابه دیگر یعنی اکولوژی گیاهی که مطالعهٔ روابط متقابل گیاهان با یکدیگر و محیط اطرافشان هست تا قرن نوزدهم میلادی توسعه نیافت. اطّلاعات اکولوژی گیاهی بطور کلّی بعد از سال ۱۹۶۲ پس از انتشار یکی از بهترین کتابها تحت عنوان «بهار خاموش» اثر راشل کارسون افزایش یافت. این کتاب براساس بیش از ۴ سال تحقیقات وی نوشته شده است. نویسنده بیشتر توجّهش به بیش از ۵۰۰ ترکیب شیمیایی سمّی بود که سالانه به عنوان حشره کش تنها در ایالات متّحده به کار می رفت. وی توجیه نمود که چگونه این مواد شیمیایی و آلاینده های دیگر بر محیط و زندگی انسانها لطمه وارد می نماید.

از میان کسانی که در زمینهٔ جغرافیای گیاهی فعّالیت کرده اند دو شخص اهل برلین (آلمان) بنامهای کارل ویلدنو (۱۷۶۵-۱۸۱۲) و الکساندر فن هامبولدت (۱۷۶۹-۱۸۵۹) بودند که کتابهایی را در رابطه با انتشار گیاهان ازطریق دانه و اجتماعات گیاهی در مناطق گرمسیر و معتدله، انتشار دادند. این مطالعات به وسیلهٔ سر ژوسف هوکر (۱۸۱۷-۱۹۱۱) (شکل ۴-۱)، که سرانجام مسؤول باغ گیاه شناسی کیو در انگلستان شد، به اوج خود رسید. هوکر برای مطالعه دربارهٔ زندگی گیاهان به نیمکرهٔ جنوبی و شمالی سفر کرد و همچنین فلورهای (پوشش گیاهی یک منطقهٔ خاص) هندوستان و قطب جنوب را منتشر کرد. چارلز داروین که کتابهایش مخصوصاً منشأ گونه ها تغییراتی را در اصول اساسی سازش موجودات زنده با محیط؛ به وجود آورد ، در مورد فلور قطب جنوب، هوکر می گوید «این کتاب بزرگترین و جالبترین تألیفی است در مورد طبیعت که تاکنون خوانده ام».

شکل ۴-۱ سرژوسف هوکر.

مطالعهٔ شکل و ساختمان گیاهان یعنی مورفولوژی گیاهی در طیّ قرن ۱۹ توسعه یافت. و با شروع قرن بیستم بسیاری از اطّلاعات پایه ای مربوط به علوم گیاهی کشف و توضیح داده شده بودند. تعداد دانشمندانی که مجذوب تحقیقات گیاهی شدند رو به افزایش نهادند. ژنتیک (علم وراثت) به وسیلهٔ یک کشیش اطریشی بنام گرگور مندل (۱۸۲۲-۱۸۸۴) و تجربیّات اوّلیهٔ او بر روی گیاه نخود پایه ریزی شد. سیتولوژی، (علم ساختمان و عملی سلّول)، که اکنون آن را زیست شناسی سلّولی می نامند، انگیزه هایی را برای کشف نحوهٔ تکثیر سلّولها و نقش آنها در تولید مثل جنسی به وجود آورد. در اواسط قرن بیستم اختراع میکروسکپ الکترونی (به فصل ۳ مراجعه شود) دامنهٔ تحقیقات را وسیعتر کرد و ما را به سوی بینش وسیعی از درون سلّولها و اَشکال جدید آنها هدایت کرد، که این تحقیقات هنوز هم ادامه دارد. تعدادی از کشفیّات پر اهمّیت قرن بیستم به صورت پیوستهای مناسبی در فصلهای آینده بحث می شوند.

علوم گیاه شناسی و آینده

هنوز اطّلاعات بسیار زیادی وجود دارد که بایستی کشف شوند و هر روز کشفیّات جدیدی صورت می گیرد. اگر به عنوان مثال به سال ۱۹۸۳ برگردیم، محقّقی بنام ولن سیک متوجّه شد که ۱۱۰۰۰ مقالهٔ گیاه شناسی تنها در آن سال به چاپ رسیده است. بی شک تعداد مقالات چاپ شده در سالهای اخیر به چندین برابر گذشته رسیده است. همچنین به نظر می رسد که باحتمال زیاد یک سوم موجودات زنده که بطور مرسوم به عنوان گیاه در نظر گرفته می شوند (بخصوص قارچها و جلبکها) هنوز بایستی نام گذاری شوند و در مورد آنها تحقیق شود.

گیاهان وحشی و حیوانات به علّت تخریب و آلودگی زیستگاههای آنها به وسیله انسانها، بسرعت در حال انقراض هستند. در حقیقت شواهد زیادی وجود دارد مبنی بر این که تعداد زیادی از موجودات قبل از این که هیچ آگاهی نسبت به آنها به دست آید، نابود شده اند. آنچه اطلاعات جهت حفظ زیستگاههای طبیعی لازم است باید به همگان داده شود و این امر منافع زیادی را برای نسلهای آینده به همراه دارد. همچنین اگر جمعیّت کره زمین به همین صورت نامتوازن خود زیاد شود بایستی به فکر غذا، پوشاک و مسکن این جمعیّت باشیم. و از تحقیقات پایه ای و کاربردی گیاه شناسی باید حمایت بیشتری صورت گیرد.

خلاصه

۱. مهندسی ژنتیک که شامل انتقال ژنهای سودمند از یک موجود زنده به موجود زنده دیگر است در آینده تأثیرات زیادی در کنترل خسارات ناشی از سرمازدگی، بهبود گیاهان زراعی، کنترل آلودگی، کنترل علفهای هرز، دفع حشرات و تثبیت خاك و غیره خواهد داشت.

۲. همهٔ ما کاملاً وابسته به گیاهان سبز هستیم؛ زیرا تنها آنها قادرند انرژی خورشیدی را به صورت قابل استفاده و حیاتی برای جانوران تغییر دهند.

۳. گیاهان و محصولات آنها به صورتی با اجتماع انسانها آمیخته اند که ما این ارتباط را یک امر عادی تلقی می کنیم. جانوران و محصولات آنها، بسیاری از تزیینات، ادویه جات، الیاف، الوار، ذغال سنگ، داروها، به گیاهان وابسته بوده و یا وسیلهٔ آنها تولید می شود.

۴. در آینده با گسترش انفجارآمیز جمعیّت دنیا، تمام انسانها برای اطمینان از بقای خویش احتیاج دارند اطّلاعاتی را از گیاهان و نحوهٔ استفاده از آنها به دست بیاورند. حتّی اگر نیاز به مهاجرت به سیّارات دیگر باشد، بدون شک گیاهان برای مسافرتهای فضایی به عنوان یک منبع اکسیژن قابل حمل نقش حیاتی ایفا خواهند کرد.

۵. امروز گروههایی از دانشمندان با داروشناسان و پزشکان گیاهی نواحی گرمسیری در حال مشورت هستند تا گیاهانی را که نسبت به آنها اطّلاعات کمی داریم ولی توسّط انسانهای اوّلیه استفاده می شده اند قبل از این که بکلّی از بین بروند شناسایی نمایند.

۶. کتابخانه های ما شامل هزاران کتاب در رابطه با موضوعات گیاه شناسی می باشد. تمام این دانش در طول زمان به دست آمده است. انسان بین ۱۰۰۰۰ تا ۳۵۰۰۰ سال پیش به آمریکا مهاجرت کرد. آنها در ابتدا شکارچی بودند امّا بتدریج نحوهٔ کشت گیاهان را آموختند. آشوریها و مصریها میوه ها و حبوبات را در ۴۰۰۰ سال قبل از میلاد می کاشتند و چینیها حدّاقل ۴۵۰۰ سال پیش به فعّالیتهای کشاورزی ابتدایی می پرداختند.

۷. گیاه شناسی یعنی مطالعهٔ گیاهان، ظاهراً به وسیلهٔ انسانهای عصر حجر از طریق استفاده های عملی شروع شد و سرانجام با افزایش کنجکاوی انسان به صورت یک علم در آمد.

۸. علم شامل مشاهده، یادداشتها، سازمان دهی و رده بندی حقایق است. اثبات و ردّ حقایق از طریق دلایل استنتاجی صورت می گیرد. روشهای علمی شامل یک سری از مراحل و عملیات متداول است، (توضیحات تجربی برای وقایعی که مشاهده شده است).

۹. گیاه شناسان براین باورند که علم گیاه شناسی در یونان باستان پایه ریزی شد. در قرن سوم قبل از میلاد، بویژه یک یونانی بنام تئوفراستوس، دامنهٔ گیاه شناس را گسترش داد.

۱۰. در طیّ قرن دوم میلادی پلینی و دیوسکورید در مورد گیاهان خوراکی و دارویی کتابهایی نوشتند. این کتب با دست نسخه برداری شد و بنام هربال شناخته شد. در قرن پانزدهم تعداد هربالها با اختراع چاپ بسرعت افزایش یافت. هربالها، مصوّر، و گاه شامل داستانهای زیادی در مورد گیاهان بودند. بعضی از این داستانها اصول عقایدی را تشکیل داد. برطبق این اصول، اندامهای گیاهی که شبیه بخشهایی از بدن انسان بودند در مداوای آن عضو یا اندام مؤثّر بودند.

۱۱. میکروسکپ مرکب که اوّلین بار به وسیلهٔ زکریاس و فرانسیس جانسن در سال ۱۵۹۰ اختراع شد، به وسیلهٔ لی فن هوك در قرن ۱۶ تکمیل شد، تأثیر عمیقی را در مطالعات علوم زیستی به وجود آورد و منجر به کشف سلّول گردید.

۱۲. تشریح گیاهی و فیزیولوژی گیاهی در قرن هفدهم گسترش پیدا کرد. وان هلمونت اوّلین شخصی بود که نشان داد نیازهای غذایی گیاهان یا جانوران، متفاوت است. او با آزمایش دقیق و مشاهدات خود بر روی رشد درخت بید در گلدان، این نظریه را مطرح نمود. همچنین در قرن هفدهم، اروپاییهای دست اندرکار گیاه شناسی با سفرهای خود به دیگر قارّه ها، گیاهانی را به اروپا بردند.

۱۳. در قرن هیجدهم گیاه شناس معروف سوئدی بنام لینه، اساس نام گذاری و رده بندی کنونی گیاهان را پایه ریزی کرد.

۱۴. در طیّ قرن نوزدهم، اکولوژی گیاهی، جغرافیای گیاهی و مورفولوژی گیاهی، توسعه یافتند؛ و با شروع قرن بیستم، ژنتیک و زیست شناسی سلّولی، بزرگترین تأثیر خود را به علّت کشف تولید مثل سلّولی و نحوهٔ تولید مثل جنسی برجای گذاشتند. هنوز موارد زیادی برای کشف و تحقیق باقی مانده است.

پرسشهای یادآوری

۱. بطور خلاصه نقش موارد زیر را در علم گیاه شناسی توضیح دهید: شن نونگ، مصر باستان، تئوفراستوس، گرو، لینه.

۲. منظور از روش علمی چیست؟

۳. فرق بین هرب، هربال، و هربالیست چیست؟
۴. اهمّیت آزمایش وان هلمونت با درخت بید، در چه بود؟
۵. قدیمترین شاخهٔ گیاه شناسی چیست؟ و چرا نسبت به شاخه های دیگر، مقدّم است؟
۶. محدودهٔ شاخه های دیگر گیاه شناسی چیست؟
۷. اصول علائم، به چه چیزی گفته می شود؟

پرسشهای تشریحی

۱. با توجّه به این که انسانها هزاران سال با گیاهان وحشی زندگی کرده اند، آیا پسندیده است که دوباره به استفاده کاربردی آنها برگردند؟
۲. برپایهٔ آنچه که خوانده اید، آیا می توانید فردی را که بیش از بقیّه در پیشرفت مطالعهٔ گیاهان نقش داشته است برگزینید؟ چرا؟
۳. چگونه می توانید حدس بزنید که انسانهای عصر حجر کاربردهای گیاهان دارویی را کشف کرده اند؟
۴. بسیاری از گیاه شناسان اوّلیه پزشک نیز بوده اند، چرا تصوّر می کنید که اکنون چنین مواردی وجود ندارد؟
۵. فرضیّهٔ زیر را در نظر بگیرید: «اکثریت قارچهایی که در چمنزارها رشد می کنند سمّی نیستند» چگونه می توانید این فرضیّه را بطور علمی آزمایش نمایید؟

منابع اضافی

Anderson, F. J. 1985. *An illustrated history of the herbals.* New York: Columbia University Press.
Carson, R. 1987. *Silent Spring,* 25th anniversary ed. Boston: Houghton Mifflin Co.
Ewan, J., ed. 1969. *A short history of botany in the United States.* Forestburgh, NY: Lubrecht & Cramer.
Gerard, J. 1974 reprint of 1597 ed. *The herball or general historie of plants,* 2 vols. Norwood, NJ: Walter J. Johnson.

Greene, E. L. 1983. *Landmarks of botanical history*. 2 vols. Egerton, F. N., ed. Palo Alto, CA: Stanford University Press.

Grew, N. 1965 reprint of 1682 ed. *The anatomy of plants with an idea of a philosophical history of plants and several other lectures*. New York: Johnson Reprint Corp.

Harvey-Gibson, R. J. 1981. *Outlines of the history of botany*. Cohen, I. B., ed. Salem, NH: Ayer Company Publishers.

Lindroth, S., et al. 1983. *Linnaeus: The man and his work*. Frangsmyr, T., ed. Tr. by Srigley, M., and B. Vowles. Berkeley, CA: University of California Press.

Morton, A. G. 1981. *History of botanical science: an account of the development of botany from the ancient time to the present*. San Diego, CA: Academic Press.

Nordenskiold, E. 1988 reprint of 1935 ed. *The history of biology*. Irvine, CA: Reprint Services Corp.

Swift, L. H. 1974 reprint of 1970 ed. *Botanical bibliographies: A guide to bibliographic materials applicable to botany*. Ann Arbor, MI: University Microfilms International.

فصل دوم ـ طبیعت حیات

رؤوس مطالب

برخی اهداف فراگیری
نظر اجمالی
مقدّمه
ویژگیهای موجودات زنده
ترکیب
ساختمان
رشد
تولید مثل
تحریک‌پذیری
متابولیسم
تحرّک
پیچیدگی ساختمان
سازش با محیط
اساس فیزیکی و شیمیایی حیات
عناصر : واحدهای تشکیل دهندهٔ مادّه
ملکولها : ترکیب عناصر
پیوندها و یونها
اسیدها، بازها، و نمکها
قطبیّت ملکولهای آب
مقیاس pH
هیدراتهای کربن
چربیها
پروتئینها
آنزیمها
اسیدهای هسته‌ای
ساختمان ملکول DNA
همانندسازی (مضاعف شدن) DNA
ملکول RNA و سنتز پروتئینها
انواع خاصّ RNA و فعّالیت آنها
RNA پیام‌آور (mRNA)
RNA ریبوزومی (rRNA)
RNA ناقل (tRNA)
خلاصه
پرسشهای یادآوری
پرسشهای تشریحی
منابع اضافی

گل متعلق به گیاه Dodecatheon hendersonii بومی ایالات سواحل اقیانوس آرام و همچنین بریتیش کرلومبیا

فصل دوم

طبیعت حیات

برخی اهداف فراگیری

۱- فراگیری ویژگیهای موجودات زنده

۲- تعریف مادّه، و توضیحاتی در خصوص حالت اوّلیهٔ آن

۳- تشخیص جسم مرکب از مخلوط و توصیف اسیدها، بازها، و نمکها

۴- شناخت اَشکال مختلف انرژی

۵- شناخت عناصر موجود درون پروتوپلاسم

۶- درك طبیعت هیدراتهای کربن، چربیها، و پروتئینها

۷- توضیحاتی در خصوص سنتز پروتئین و طبیعت ملکول DNA .

نظر اجمالی

این فصل، با بحثی در مورد ویژگیهای موجودات زنده شروع می شود. این ویژگیها شامل رشد، تولید مثل، تحریک پذیری، متابولیسم، حرکت، ساختمان پیچیده و سازش با محیط می باشد. سپس اساس فیزیکی و شیمیایی حیات تشریح می شود. نگاه کوتاهی بر عناصر و اتمهایشان و متعاقب آن با بحث پیرامون ترکیبات، ملکولها، پیوندها، یونها، ظرفیّتها، مخلوطها، اسیدها، بازها، و نمکها دنبال می شود. سپس اشکال انرژی و ترکیبات

شیمیایی پروتوپلاسم، بررسی می شود. این فصل با مقدّمه ای در مورد قندها، چربیها، پروتئینها، و اسیدهای هسته ای به پایان می رسد.

مقدّمه

آیا تاکنون قطعهٔ یخ خشکی (دی اکسید کربن منجمد) را درون یک ظرف آب انداخته و دیده اید که چه اتّفاقی می افتد؟ در حالی که یخ به علّت برخوردش با آب گرم بسرعت به گاز تبدیل می شود و بطور سریع و تصادفی در سطح آب به حرکت در می آید. آیا با وجود تمام این تحرّك می توان یخ خشک را زنده به حساب آورد؟ خیر؛ چون یکی از خواصّ موجود زنده، حرکت می باشد. آیا یک درخت که نمی تواند مانند موجودات دیگر حرکت کند، زنده نیست؟ باز هم جواب منفی است. این سؤالات، به مشکلات ما در مورد تعریف مشخّصی از حیات، اضافه می شود. بعضی از صاحب نظران معتقدند که چیزی بنام حیات وجود ندارد بلکه حیات نشانگر ویژگیهای موجودات زنده، می باشد.

خواصّ موجودات زنده

ترکیب: فعّالیت موجودات زنده، از پروتوپلاسم ناشی می شود. اساس فیزیکی پروتوپلاسم یعنی «مادّهٔ حیات» در فصل ۳ توضیح داده می شود.

ساختار: پروتوپلاسم، درون واحدهای ساختمانی کوچکی بنام «سلّول»، «یاخته» قرار گرفته است که ویژهٔ زندگان می باشد. سلّولها نیز در فصل ۳ توضیح داده می شوند.

رشد: پدیدهٔ پیچیده رشد به صورت ساده، به افزایش تودهٔ جرم که معمولاً همراه با یک افزایش حجم می باشد تعریف شده است. رشد که اساساً نتیجهٔ تولید محصولات جدید پروتوپلاسم می باشد شامل تنوّع در شکل و فرم است، که برخی وراثتی و ذاتی؛ بعضی نتیجهٔ تأثیرات محیطی است. به عنوان مثالی از تأثیرات محیط، تصوّر نمایید چه اتّفاقی خواهد افتاد اگر شما دو دانه سیب درختی را از واریتهٔ مشابه در خاك فقیری بکارید ولی به آنها توجّه یکسانی نکنید به این معنی که به یکی فقط به اندازه ای آب بدهید که دانه رویش نموده و رشد نماید ولی به دیگری آب فراوانی بدهید و علاوه بر آن به خاك آن کود افزوده و خاك آن را مساعد نمایید؛ شما انتظار دارید که گیاه دوم خیلی بزرگتر رشد نموده و پر محصول تر شود. به عبارت دیگر، اگرچه دو درخت سیب شما از یک نوع دانه روییده است اینها دو شکل متفاوت خواهند داشت

و این امر در نتیجهٔ طرحهای رشدی است که به وسیلهٔ عوامل محیطی و پروتوپلاسم ریخته شده و دیکته می شود. جنبه های مختلف رشد در فصل ۱۱ مورد بحث قرار خواهد گرفت.

تولید مثل

دایناسورها در ۱۶۰ میلیون سال پیش فراوان بوده اند؛ امّا امروزه هیچ کدام از آنها وجود ندارند. تعداد زیادی از پستانداران، پرندگان، خزندگان، گیاهان و دیگر موجودات، اکنون در فهرست گونه های در حال انقراض قرار دارند. بسیاری از گونه ها در یک یا دو دههٔ آینده در معرض نابودی می باشند. تمامی این موجودات که زمانی زنده بوده اند و آنهایی که هنوز زنده اند دارای یک خصوصیّت مشترك می باشند و آن این است که تولید مثل آنها دشوار یا غیر ممکن بوده است. تولید مثل بین موجودات به قدری بدیهی است که دست کم گرفته می شود تا زمانی که از بین می روند.

هنگامی که تولید مثل رخ می دهد زاده ها همیشه از نوع والدین هستند: میمونها هیچ گاه تولید توله سگ نمی کنند بلکه همیشه ایجاد بچّه میمون می کنند، یک دانهٔ اطلسی وقتی که کاشته شود گل مریم ایجاد نمی کند. علاوه بر این، زاده های یک نوع بیشتر تمایل دارند شبیه والدین باشند تا افراد دیگر همان نوع. قوانین حاکم بر جنبه های ارثی در فصل ۱۲ توضیح داده می شود.

تحریك پذیری

اگر یک سوزن را درون یک بالش فرو ببرید مطمئناً هیچ واکنشی از بالش انتظار نخواهید داشت. امّا اگر قرار باشد همان سوزن را به دست دوستتان بزنید واکنش خیلی فوری بروز خواهد داد (به شرطی که دوستتان حالت طبیعی داشته باشد) زیرا پاسخ یا عکس العمل در برابر محرّکها از ویژگیهای موجود زنده می باشد. امّا ممکن است این پرسش مطرح شود که چرا با فرو بردن سوزن به درون یک شمعدانی هیچ اتّفاقی نمی افتد، در حالی که شما مطمئن هستید گیاه زنده است؛ و چیزی که شما توجّه نداشته اید این است که در حقیقت شمعدانی پاسخ می دهد امّا به صورتی کاملاً متفاوت با انسان. واکنشهای گیاهان نسبت به محرّکها معمولاً خیلی کندتر از جانوران صورت می گیرد و طبیعت متفاوتی دارند. اگر سیستم هدایت کننده در شمعدانی با سوزن زخم شود احتمالاً با ایجاد موادّ مسدودکننده ای بنام کالوز[1] در سلّولهای

1- Callose

آسیب دیده همراه خواهد بود. بعضی از مطالعات نشان می دهد کالوز در زمانی کمتر از ۵ ثانیه بعد از ایجاد زخم تولید می شود. علاوه بر این، یک بافت نامنظمی بنام کالوس[1] که بکندی رشد می کند ممکن است در محلّ زخم ایجاد گردد. عکس العملهای گیاهان به آسیب دیدگی و محرّکهای دیگر مانند نور، دما، جاذبه، در فصل ۹ تا ۱۱ توضیح داده می شود.

متابولیسم

به مجموع واکنشهای بیوشیمیایی که درون موجود زنده رخ می دهد متابولیسم گفته می شود. تمام موجودات زنده، فعّالیتهای متابولیسمی مختلفی را دارا می باشند که شامل ایجاد پروتوپلاسم جدید، ترمیم قسمتهای از بین رفته، وا دامهٔ حیات طبیعی می باشد. مهمترین فعّالیتها شامل تنفّس، پدیده ای که در آن انرژی آزاد می شود و در تمام موجودات زنده اتّفاق می افتد، فتوسنتز؛ پدیدهٔ کسب انرژی که در آن انرژی ذخیره می شود، و هضم و گوارش که در آن ملکولهای غذایی درشت و نامحلول به صورت ملکولهای ریز و محلول در می آیند، و جذب، که موادّ خام به پروتوپلاسم و سایر موادّ سلّولی تبدیل می شود. این موضوعات در فصول ۹ الی ۱۱ توضیح داده خواهد شد.

حرکت

همان طور که در شروع این فصل مشاهده شد، گیاهان معمولاً از مکانی به مکان دیگر انتقال پیدا نمی کنند (اگرچه سلّولهای جنسی آنها ممکن است جابه جا شوند). این به این معنی نیست که گیاهان حرکت را که یک خصوصیّت موجود زنده است نشان نمی دهند. برگهای گیاه حسّاس (*Mimosa pudica*) بعد از این که تحریک شدند یا در مقابل تغییرات ناگهانی محیط قرار گرفتند طیّ چند ثانیه تا می شوند و یا تله های زیرآبی گیاه گوشک (Utricularia) در مدّتی کمتر از یک صدم ثانیه بسته می شوند. امّا حرکات گیاهان نسبت به جانوران، غالباً کند و نامحسوس است و اصولاً با پدیدهٔ رشد ارتباط دارند. حرکات گیاهان موقعی مشاهده می شود که عملاً مورد آزمایش قرار گیرند و یا مورد عکس برداریهای زمان بندی شده قرار گیرند. ازطریق عکس برداری زمان بندی شده و مخصوص، می توان نوع و جهت حرکت را بویژه در گیاهان جوان نشان داد. حرکت محدود به کلّ موجود نمی شود بلکه در سطح یاخته نیز اتّفاق

1- Callus

می افتد. حرکت سیکولوز یا حرکت و جریان پرتوپلاسمی بطور دایم در یاخته های زنده صورت می گیرد. جریان سیتوپلاسمی مانند جریان رودخانه ای است که در جهت یا خلاف عقربه های ساعت در محدودهٔ یک یاخته صورت می گیرد، ولی حرکت ممکن است در همهٔ جهات باشد.

پیچیدگی ساختمانی

یاخته های موجودات زنده از تعداد زیادی ملکول تشکیل شده است (کوچکترین واحد یک جسم و مادّه ای که می تواند بتنهایی هویت خود را حفظ نماید). معمولاً بیش از یک تریلیون ملکول در یک یاخته وجود دارد. ملکولها بطور ساده ای مانند محتوی یک کیک و یا سیمان یک پیاده رو با هم مخلوط نمی شوند بلکه به صورت بخشها، غشاها و ساختمانهای مختلف یاخته و بافت در می آیند. حتّی اجسام غیرزنده خیلی پیچیده، تنها مقدار کمی از انواع ملکولهای ساده ترین موجود زنده را دارا می باشند و در موجودات زنده، نظم این ملکولها خیلی پیچیده تر است. برای نمونه، باکتریها که به نظر می رسد ساده ترین یاخته ها باشند حدود ۶۰۰ نوع پروتئین علاوه بر صدها مادّهٔ دیگر دارا می باشند و هر مادّه، ساختمان و محلّ ویژه ای را در یاخته دارا می باشند. هنگامی که اجسام زندهٔ بزرگتر مانند گیاهان گلدار بررسی می شوند پیچیدگی ساختمانی آنها فوق العاده زیادتر می شود و شمارهٔ انواع ملکولها به میلیونها می رسد.

سازش با محیط

فرض نمایید یک سنگ پهن را از یک سَمت آب پرتاب کرده از روی آب جهش نماید به ساحل مقابل بیفتد. سنگ که ابتدا از هوا به آب و بعد به خشکی منتقل شده است در طیّ مسیر خود، تغییری حاصل ننموده و نسبت به محیط اطرافش حسّاسیت نشان نمی دهد. ولی موجودات زنده نسبت به هوا، نور، آب و خاك اطرافشان حسّاس می باشند. همان طور که در فصول آینده توضیح داده خواهد شد، علاوه بر این موجودات زنده به صورتهای مختلفی به صورت ارثی با محیط خویش سازش می کنند (فصل ۱۴). بعضی از علفهای هرز (مانند گل قاصد) قادرند در طیف وسیعی از آب و هوا و خاك به حیات خود ادامه دهد، در صورتی که بعضی از گونه هایی که در حال انقراض هستند سازش آنها با محیط به قدری اختصاصی است که قادر نیستند حتّی تغییرات جزئی را تحمّل کنند.

اساس فیزیکی و شیمیایی حیات

عناصر: واحدهای تشکیل دهندهٔ مادّه

اساس جهان هستی *مادّه* نامیده می شود. مادّه در کرهٔ زمین به سه صورت جامد، مایع، و گاز وجود دارد. اختصاصات مادّه به صورت زیر خلاصه می شود.

۱- فضا اشغال می نماید

۲- جرم دارد

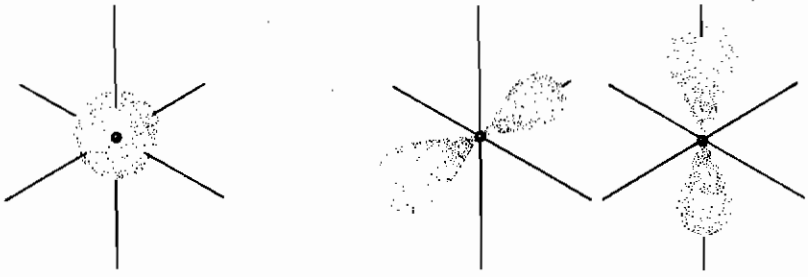
۳- از عناصر تشکیل شده است که در حال حاضر ۱۰۸ عنصر شناخته شده (۱۰۳ عنصر رسماً تأیید شده) است. از این تعداد ۱۷ عنصر بطور مصنوعی تولید شده و ۹۰ عنصر دیگر به صورت طبیعی در کرهٔ زمین یافت می شوند. تنها تعداد کمی از عناصر طبیعی (مانند ازت، اکسیژن، طلا، نقره، مس) به صورت خالص وجود دارند. بقیّهٔ عناصر به صورت ترکیبات شیمیایی گوناگون می باشند. هر عنصر، یک علامت اختصاری دارد که معمولاً از اسم لاتین آن گرفته می شود. مثلاً علامت اختصاری مس (**Cu**) می باشد (از نام لاتین *Cuprum* گرفته شده)، و یا سدیم **Na** (از نام لاتین *Natrium*) و علائم کربن، هیدرژن و اکسیژن، به ترتیب **C**، **H** و **O** می باشد.

کوچکترین جزء پایدار یک عنصر *اتم* نامیده می شود. اتمها به قدری کوچک هستند که تا اواسط دههٔ ۱۹۸۰ میلادی به وسیلهٔ قویترین میکروسکپهای الکترونی هم قابل رؤیت نبودند. ما از شواهد تجربی می دانیم که هر اتم دارای یک هستهٔ کوچک شامل ذرّات پروتون با بار الکتریکی مثبت و ذرّات دیگری بنام نوترون با بار الکتریکی خنثی هستند. اگر هسته که دارای تقریباً تمام جرم اتم است به بزرگی یک توپ بازی ساحلی باشد حجم اتم از یک استادیوم متوسّط فوتبال بزرگتر می شود. هر نوع اتم تعداد مشخّصی پروتون در هسته اش دارد (از یک برای سبکترین عنصر یعنی هیدرژن، تا ۹۲ برای سنگینترین عنصر که اورانیوم است). هر عنصر یک عدد اتمی دارد که برابر تعداد پروتونهای آن اتم می باشد، و به مجموع پروتونها و نوترونها جرم اتمی گفته می شود (جدول ۱-۲).

جدول ۱-۲ عدد اتمی و جرم بعضی از عناصر موجود در گیاهان.

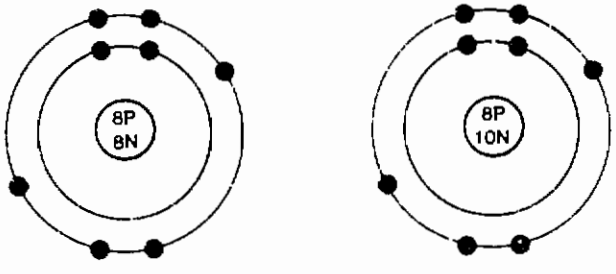
Element	Atomic Number	Usual Atomic Mass
Hydrogen (H)	1	1
Boron (B)	5	11
Carbon (C)	6	12
Nitrogen (N)	7	14
Oxygen (O)	8	16
Magnesium (Mg)	12	24
Phosphorus (P)	15	31
Sulphur (S)	16	32
Chlorine (Cl)	17	35
Potassium (K)	19	39
Calcium (Ca)	20	40
Iron (Fe)	26	56

پروتونها و نوترونهای هر اتم ازنظر جرم یکسان بوده و هر دوی آنها جرمی ۱۸۴۰ بار سنگینتر از ذرّاتی دارند که دارای بار منفی بوده و حول هسته می چرخند و الکترون نامیده می شوند. معمولاً جرم الکترون به قدری ناچیز است که از آن صرف نظر می کنند. الکترونها در اطراف هسته می چرخند که به ناحیهٔ این چرخش *مدار* گفته می شود. مدارها هرکدام یک محور فرضی و حالتی شبیه ابر دارند، لیکن دارای حدّ و مرز دقیقی نیستند و نمی توانیم در یک لحظه مکانی را برای حضور الکترون مشخّص نماییم. به همین دلیل مدار به صورت حجمی از فضا که الکترون به احتمال ۹۰ درصد در آن وجود دارد تعریف می شود. هر مدار حاوی ۲ الکترون می باشد. نزدیکترین مدار به هسته، کروی بوده و به قدری نزدیک به هسته قرار دارد که معمولاً در دیاگرام اتم نشان داده نمی شود. یک یا چند مدار اضافی که به شکل قوزهٔ پنبه می باشند معمولاً فضای بیشتری را اشغال می نمایند. الکترونهای هر مدار تمایل به دفع الکترونهای مدارهای دیگر دارند، بنابراین محورهای مدارهای یک اتم تا حدّ ممکن از یکدیگر دور هستند، اگرچه بخشهای بیرونی مدارها نزدیک و روی هم قرار گرفته که آنها را نمی توان در دیاگرام مشخّص نمود. مدارها معمولاً ضخامتی هزاران بار وسیعتر از هستهٔ یک اتم دارند (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲ مدل مداری الف ـ نزدیکترین مدار به هستهٔ کروی بوده و دارای ۲ الکترون است. ب ـ مدار دیگر که دمبلی شکل است و محورهای آن برهم عمودند. هستهٔ اتم محل برخورد محورهاست.

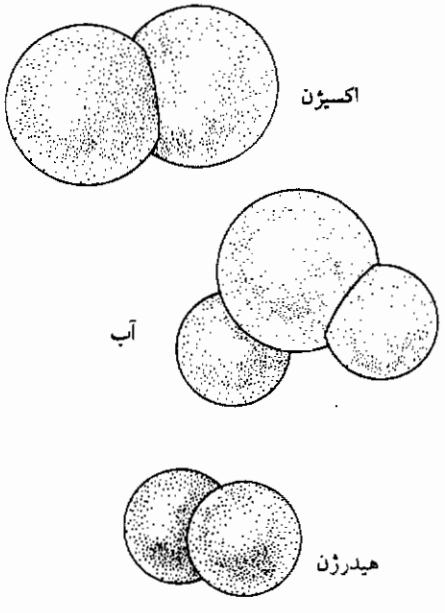
الکترونها معمولاً ازنظر تعداد با پروتونها برابر هستند. بنابراین بارهای الکتریکی مثبت پروتون با بارهای الکتریکی منفی الکترون خنثی می شوند و بدین طریق اتم به حالت خنثی در می آید. تعدادنوترونهای اتمهامی تواندکمی تغییرکند. بنابراین یک عنصر می تواند به شکلهایی در بیاید که دارای وزنهای متفاوتی باشند امّا تمام اشکال، رفتار شیمیایی مشابه دارند. چنین تغییرات یک عنصر را *ایزوتوپ* نامند. عنصر اکیسژن (تصویر ۲-۲) برای مثال دارای ۷ ایزوتوپ شناخته شده می باشد. هستهٔ یکی از این ایزوتوپها شامل ۸ پروتون و ۸ نوترون است؛ هستهٔ ایزوتوپ دیگر دارای ۸ پروتون و ۱۰ نوترون است، هستهٔ ایزوتوپ سوم دارای ۸ پروتون و ۹ نوترون است. چنانچه تعداد نوترونهای یک ایزوتوپ عنصر خاصّی از تعداد متوسّط نوترونهای اتم تغییرات زیادی پیدا نماید ممکن است ایزوتوپ ناپایدار شده و به ذرّات کوچکتری تقسیم شود همراه با آزادسازی مقدار زیادی انرژی. چنین ایزوتوپی *رادیواکتیو* نامیده می شود.



شکل ۲-۲ ایزوتوپ اکسیژن (۲ بعدی).

ملکولها: ترکیب عناصر

اتمهای بیشتر عناصر، دارای خاصیتی هستند که با دیگر اتمهای همان عنصر یا اتمهای عناصر دیگر پیوند حاصل نموده و ایجاد ترکیبات جدیدی را می نمایند. در حقیقت غالب عناصر به صورت اتمهای منفرد وجود ندارند. وقتی که ۲ یا چند عنصر به نسبتهای مشخّصی به وسیلهٔ پیوندهای شیمیایی با هم متّحد می شوند مادّه ای بنام ترکیب حاصل می شود. کوچکترین ذرّه ای که آزادانه در یک ترکیب یا عنصر که از دو اتم یا بیشتر تشکیل شده است وجود دارد ملکول نامیده می شود. برای مثال، ملکولهای گازهای اکسیژن و هیدرژن در طبیعت به صورت ترکیبی از دو اتم اکسیژن یا ۲ اتم هیدرژن وجود دارند و یا ملکولهای آب شامل ۲ اتم هیدرژن و اتم اکسیژن است (تصویر ۳-۲).



شکل ۳-۲ مدل ملکولهای اکسیژن، آب و هیدرژن. قطر یك ملکول آب ۶/۰ نانومتر است.

پیوندها و یونها

پیوندهایی که باعث نگاه‌داشتن اتمها در ملکولها می شوند به طریق مختلف ساخته می شوند.

در طبیعت ملکولهای زیادی الکترونها را از دست داده و یا به دست می آورند؛ بنابراین ملکولها با بار مثبت یا بار منفی می‌شوند که در این صورت به آنها یون (**Ion**) گفته می شود. هنگامی که دو یون با بارهای مخالف با هم تماس حاصل می نمایند گفته می شود که آنها به وسیلهٔ پیوند یونی متّصل شده اند. یونها با علائم نشان دهنده بارشان که در بالای آنها قرار گرفته نوشته می شوند. و به عنوان مثال نمک طعام (کلرید سدیم) به وسیلهٔ پیوند یونی بین یک یون سدیم (Na^+) و یک یون کلر (Cl^-) تشکیل می شود. سدیم وقتی که یک الکترون را از دست بدهد بار مثبت پیدا می کند که به وسیلهٔ اتم کلر جذب می شود. این الکترون اضافی اتم کلر را منفی می نماید. بنابراین یون سدیم و یون کلر با هم به وسیلهٔ نیروی بین بارهای مخالف، پیوند برقرار می کنند. بیشتر ملکولهای مهم بیولوژیکی بار مثبت یا بار منفی حمل نموده و در نتیجه در مادّهٔ زنده به صورت یونی وجود دارند.

در پیوندهای کووالانسی جفتهای الکترون هسته های اتمها را در پایدارترین فاصله نگاه می دارند. پیوندهای کووالانسی نیروی اصلی هستند که اتمهای سازنده ملکولهای مهم زیستی را که بعداً در این فصل مورد توجّه قرار می گیرند به هم متّصل می کنند. یکی دیگر از انواع پیوندها نیروی جاذبه بین بار منفی اتمهای اکسیژن یا ازت از یک ملکول با بار مثبت ولی ضعیف اتم هیدرژن ملکول دیگر می باشد، بنابراین پیوند ضعیفی را ایجاد می کنند. چون همیشه با هیدرژن چنین پیوندهایی برقرار می شوند این پیوندها را پیوندهای هیدرژنی می نامند. پیوندهای هیدرژنی با وجود این که تنها ۵ درصد قدرت پیوند کووالانسی دارا می باشند بفراوانی در ملکولهای مهمّ حیاتی وجود دارند؛ و بنابراین در طبیعت اهمّیت زیادی دارند. در کنار پیوندهای یونی، کووالانسی و هیدرژنی، انواع دیگری از پیوندها وجود دارد که در این جا در نظر گرفته نشده است.

گنجایش ترکیبی یک اتم یا یک یون ***والانس*** یا ظرفیت نامیده می شود. اتمهای عنصر کلسیم، به عنوان مثال دارای ظرفیت ۲ در حالی که عنصر کلر دارای ظرفیت ۱ می باشد. برای ترکیب شدن این دو عنصر بین الکترونهای اخذ شده و از دست داده شده بایستی تعادل برقرار شود (یعنی ظرفیتها متعادل باشند)؛ بنابراین ترکیب شامل ۲ اتم کلر و یک اتم کلسیم است. ترکیب حاصل از کلسیم و کلر، کلرید کلسیم نامیده می شود. برای ارائه فرمول یا معادلهٔ شیمیایی، مرسوم است که از علائم اختصاری استاندارد شده که از نام لاتین عناصر گرفته شده استفاده شود. بنابراین کلرید کلسیم $CaCl_2$ نشان می دهد برای تشکیل یک اتم کلسیم (Ca^{++}) دو اتم کلر (Cl^-) لازم است.

یک مخلوط از یک ترکیب متفاوت است زیرا در اتّحاد اتمها و ملکولها دارای نسبت معیّنی نیست. برای مثال گرانیت از چند مادّه ساخته شده، که نسبت آنها در سنگها متفاوت است. همچنین یک کیک شامل اجزائی است که می توانند در مقایسه با کیک دیگر متفاوت باشند. بنابراین گرانیت و کیک و مواد بی شمار دیگری که دارای نسبتهای مختلفی از ملکولها هستند *مخلوط* نامیده می شوند.

اسیدها، بازها و نمکها

قطبیّت ملکولهای آب

ملکولهای آب به وسیلهٔ پیوندهای هیدرژنی ضعیف به هم اتّصال دارند (به تئوری Cohesion-Tension فصل توجّه نمایید). به هرحال در آب خالص گاهی تعدادی از ملکولها به صورت یونهای هیدرژن (H^+) و هیدروکسیل (OH^-) تفکیک می شوند و تعداد H^+ دقیقاً برابر OH^- است. اسیدها که دارای طعم ترش شبیه آب لیمو هستند به صورت موادّی تعریف می شوند که وقتی که در آب حل می شوند هیدرژن H^+ آزاد می کنند. در نتیجه تعداد یونهای هیدرژن (H^+) به نسبت بیشتر از هیدروکسیل (OH^-) می شود. ازطرف دیگر بازها (که از آنها به عنوان ترکیبات قلیایی نیز یاد می شود) معمولاً حالت لزج و صابونی دارند و به صورت ترکیباتی هستند که هنگام حل شدن در آب یون منفی هیدروکسیل (OH^-) آزاد می نمایند. بازها همچنین ممکن است به صورت ترکیباتی تعریف شوند که (H^+) را می پذیرند.

مقیاس pH

از غلظت یون H^+ برای مشخّص نمودن درجهٔ اسیدی یا قلیایی بر روی مقیاس خاصّی بنام مقیاس **pH** استفاده می شود. حدود این مقیاس از ۰ تا ۱۴ و هر واحد ده برابر تغییر در غلظت یون (H^+) را نشان می دهد. آب خالص دارای pH برابر ۷ می باشد، نقطه ای روی مقیاس که در آن یونهای H^+ و OH^- دقیقاً برابر بوده و این نقطه خنثی است. اعداد پایینتر از ۷ افزایش درجهٔ اسیدیته و برعکس اعداد بالاتر از ۷ افزایش درجهٔ قلیایی را نشان می دهند. برای مثال سرکه دارای pH برابر ۳، آب گوجه فرنگی دارای pH برابر ۴٫۳ و سفیدهٔ تخم مرغ دارای pH برابر ۸ می باشد.

هنگامی که یک اسید با یک باز مخلوط می شوند یونهای H^+ اسید یا یونهای OH^- باز پیوند برقرار کرده و تشکیل آب (H_2O) را می دهند و یونهای باقی مانده با هم متّصل می شوند و ایجاد نمک می کنند. اگر اسید کلریدریک (HCl) با یک باز مثلاً هیدرواکسید سدیم (NaOH) مخلوط شود، آب(H_2O) و نمک کلرید سدیم(NaCl) ایجاد می شود. واکنش به وسیلهٔ علائمی که در معادله به نمایش گذاشته می شود نشان می دهد که چه اتّفاقی می افتد :

$$HCl + NaOH \longrightarrow H_2O + NaCl$$

انرژی

خواه در سطح ملکولها یا سلّولها و یا کلّ موجودات برای کلّیهٔ واکنشهای حیاتی انرژی لازم می باشد. منبع نهایی انرژی زمین، خورشید است. انرژی که به عنوان «قدرت ایجاد یک تغییر در حرکت یا مادّه» تعریف شده و یا بطور ساده تر «توانایی انجام کار» اَشکال مختلفی را به خود می گیرد. برطبق اصل اوّل ترمودینامیک مقدار انرژی ثابت است نه از بین می رود و نه به وجود می آید، امّا می تواند از شکلی به شکل دیگر تغییر نماید. صورتهای انرژی مانند انرژی شیمیایی، الکتریکی، گرمایی و نوری می باشند. اصل دوم ترمودینامیک می گوید وقتی که انرژی از شکلی به شکل دیگر تغییر می یابد در سیستمی که هیچ انرژی دیگری وارد و یا خارج نشود جریان انرژی همیشه در یک جهت می باشد و انرژی مفید باقی مانده بعد از تبدیل همیشه کمتر از انرژی قبل از تبدیل می باشد. برای مثال گرما همیشه از اطوی داغ به لباس سرد جریان دارد امّا هرگز از لباس سرد به سمت اطو جریان ندارد. چنین واکنشهای انرژی زا برای عمل طبیعی یاختهٔ حیاتی می باشد و انرژی لازم را برای واکنشهای دیگر یاخته ها فراهم می نماید. هر دو نوع واکنش در فصل ۱۰ توضیح داده می شود. اَشکال انرژی شامل جنبشی، و انرژی پتانسیل می باشند. انرژی پتانسیل به صورت قدرت انجام کار به واسطهٔ موقعیّت و حالت یک جسم تعریف می شود. به عنوان مثال یک توپ که در بالای تپّه قرار دارد دارای انرژی پتانسیل می باشد که اگر به پایین تپّه بغلطد به انرژی جنبشی تبدیل می گردد. برخی واکنشهای شیمیایی انرژی زا بوده و برخی دیگر انرژی خواه هستند. تعدادی از بی شمار تبادل انرژی که در سطح یاخته های زنده اتّفاق می افتد در فصلهای آینده توضیح داده خواهند شد.

ترکیبات شیمیایی پروتوپلاسم

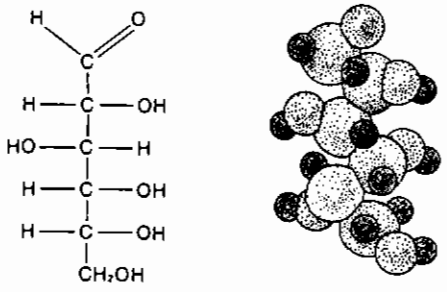
مادّهٔ زندهٔ همهٔ یاخته ها **پروتوپلاسم** نامیده می شود. پروتوپلاسم به اجسام متعدّدی که دارای اندازه های مختلف هستند سازمان یافته است. بیشتر این اجزاء در فصل ۳ توضیح داده شده است. حدود ۹۶ درصد پروتوپلاسم، از عناصر کربن، هیدرژن، اکسیژن و ازت تشکیل شده است، ۳ درصد آن شامل فسفر، پتاسیم و سولفور است و یک درصد باقی مانده شامل کلسیم، آهن، منیزیوم، سدیم، کلر، مس، منگنز، کبالت، روی و مقادیر کمی از عناصر دیگر می باشد. هنگامی که یک گیاه این عناصر را ابتدا از خاك یا اتمسفر جذب می کند (قسمت عناصر ضروری را در فصل ۹ ببینید) یا وقتی که از موادّ تجزیه شده درون سلّول استفاده می نماید، عناصر به صورت ملکولهای ساده یا یونها هستند. این اَشکال ساده می توانند طیّ متابولیسم یاخته، به ملکولهای پیچیده تغییر یابند. ملکولهای بزرگ تقریباً همیشه بر اتمهای کربن استوارند. و از این جهت ملکول آلی نامیده می شوند، برخلاف ملکلولهای معدنی که معمولاً حاوی اتم کربن نمی باشند. نام آلی از این جهت به غالب ترکیبات شیمیایی موجودات زنده داده شد چون اعتقاد براین بود که تنها موجود زنده قادر است ملکولهای کربن دار را تولید نماید. امروزه تعداد زیادی از ترکیبات آلی می توانند بطور مصنوعی در آزمایشگاهها تولید شوند. دانشمندان گاهی مردّد هستند که تعداد ۴ میلیون ترکیب کربن دار را که تا امروز شناسایی شده است جزء ملکولهای آلی یا معدنی به شمار بیاورند. به هرحال بیشتر دانشمندان با عدم حضور کربن در ترکیبات غیرآلی موافقند. چهار ترکیب آلی مهم پروتوپلاسم عبارتند از: هیدراتهای کربن، چربیها، پروتئینها، و اسیدهای هسته ای.

هیدراتهای کربن

هیدراتهای کربن فراوانترین ترکیبات آلی در طبیعت هستند. در بدن موجودات زنده نقشهای متعدّدی دارند. مهمترین نقشها تأمین انرژی و تأمین اجزای ساختمانی بدن است. این ترکیبات حاوی کربن، هیدرژن، اکسیژن به نسبت 1C: 2H: 1O می باشند. نمونه هایی از هیدراتهای کربن شامل مونوسکاریدها (قندهای ساده)، دی ساکاریدها و پلی ساکاریدها می باشد. یک مونوساکارید مانند گلوکز دارای اسکلتی است از ۶ اتم کربن و اتمهای هیدرژن و اکسیژن افزوده شده به آن با فرمول $C_6H_{12}O_6$ (تصویر ۴-۲). دی ساکاریدها شامل دو قند ساده متّصل به هم هستند. ساکارز یا شکر معمولی یک دی ساکارید است که از دو قند

سادهٔ گلوکز و فروکتوز ساخته شد است. ساکارز شکلی از قند است که معمولاً توسّط گیاهان انتقال می یابد.

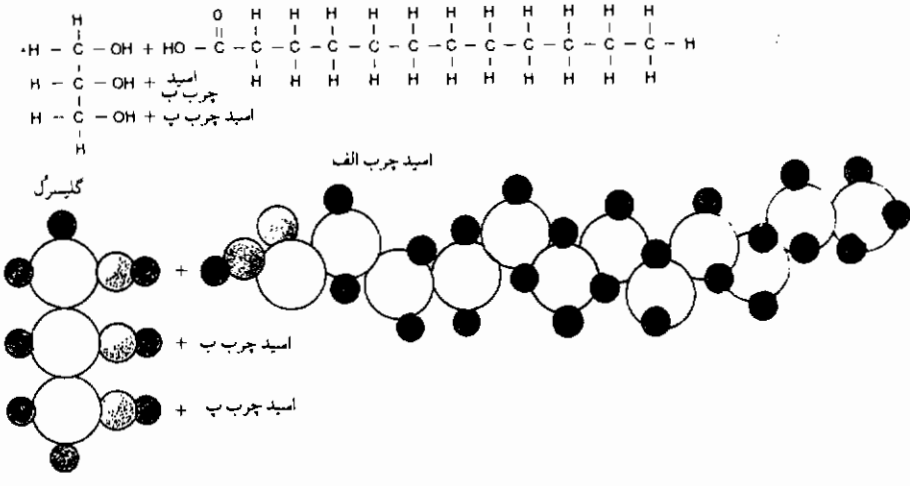
پلی ساکاریدها گاهی شامل صدها قند ساده می شوند که به یکدیگر اتّصال حاصل نموده اند. نمونه هایی از پلی ساکاریدها نشاسته است که از چند هزار تا پانصد هزار واحد گلوکز ساخته شده است. گلوکز همچنین واحد ساختمانی سلّولز می باشد که دارای حدود ۳ تا ۱۰ هزار واحدهای کمی متفاوت گلوکز ساخته شده که به هم پیوند حاصل نموده اند. وقتی که ملکولهای گلوکز به یکدیگر متّصل می شوند که ایجاد نشاسته بکنند هر ملکول گلوکز یک ملکول آب از دست می دهد. n در فرمول نشاسته؛ $(C_6H_{10}O_5)n$ نمایندهٔ تعداد زیادی از واحدهای سازندهٔ آن است. برای این که نشاسته بتواند به صورت منبع انرژی در دسترس یاخته ها قرار گیرد بایستی به واحدهای انفرادی قندهای ساده تجزیه شود و هر ملکول بایستی آب از دست رفته را باز یابد. افزایش ملکولهای آب پدیدهٔ هیدرولیز نامیده می شود و این عمل طیّ مراحل گوارشی انجام می شود. پلی ساکاریدهای مهمّ دیگری که در گیاهان دیده می شوند شامل پکتین و لیگنین می باشد. پکتین معمولاً با سلّولز در دیوارهٔ یاخته به کار می رود و مسؤول نگاه داشتن سلّولهای مجاور در کنار یکدیگر می باشد مانند ملاط بین آجرها. لیگنین هم مانند پکتین با سلّولز مخلوط می شود امّا تنها در دیوارهٔ یاخته های چوبی شده یافت می شود. لیگنین به استحکام یاخته ها و همچنین به مقاومت آنها در برابر بیماریها می افزاید.



شکل ۴-۲ فرمول ساختمانی و مدل یك ملکول گلوکز. ملکول می تواند به‌صورت یك زنجیر راست باشد یا به‌صورت حلقه وجود داشته باشد. یك ملکول گلوکز دارای طولی برابر ۳ نانومتر است.

چربیها

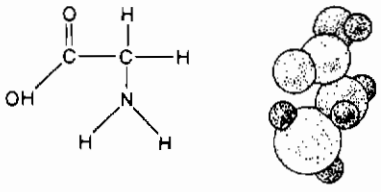
چربیها موادّ روغنی غیرمحلول در آب هستند. آنها نسبت به قندها انرژی بیشتری دارند و نقش مهمی را در ذخیره سازی انرژی و همچنین در تشکیلات ساختمانی یاخته دارند. مانند قندها ملکول آنها شامل کربن، هیدرژن و اکسیژن است، امّا اکسیژن کمتری در ساختمان آنها به کار رفته است. مثالهایی از آنها، چربیها (شکل ۵-۲) و روغنها هستند که ملکولهای آنها از قندها ساخته شده و تشکیل می شوند از یک واحد گلیسرل (یک الکل) و ۳ اسید چرب که به آن اضافه شده است. اسیدهای چرب دارای اتمهای کربن هستند که اتمهای هیدرژن می توانند به آن اضافه شوند. اگر اتمهای هیدرژن به محلهای اتّصال کلّیهٔ کربنهای اسیدهای چرب متّصل شود اسید چرب اشباع می شود ولی اگر اتمهای هیدرژن کمتری اضافه شود چربی غیراشباع گفته می شود مانند روغنهای نباتی که تبلیغات زیادی هم در مورد آنها می شود. چربیها نیز مانند پلی ساکاریدها و پروتئینها (در قسمت بعد توضیح داده می شود) ازطریق هیدرولیز تجزیه می شوند. مثالهای دیگر چربیها مومها هستند که دارای اسیدهای چربی هستند که به الکلی غیر از گلیسرل اضافه شده اند و فسفولیپیدها که ساختمانی شبیه چربیها دارند امّا دارای گروه فسفاتی هستند که جانشین یکی از ۳ اسیدهای چرب می شود. فسفولیپیدها ترکیبات مهمّی هستند که در کلّیهٔ غشاهای موجودات زنده حضور دارند.



شکل ۵-۲ فرمول ساختمانی و مدل بخشی از یك ملکول چربی. دو اسید چربی که رسم نشده همانند اسید چرب الف می‌باشند. طول هر اسید چرب معادل ۴ نانومتر است. اکسیژن = O ، کربن = C ، هیدرژن = H.

پروتئینها

یک یاخته به تنهایی ممکن است دارای هزاران نوع پروتئین مختلف باشد. اینها ملکولهای مهمّی هستند که خیلی درشت بوده و از واحدهایی بنام اسید آمینه ایجاد شده اند (شکل ۶-۲). پروتئینها شامل اتمهای کربن، هیدرژن، اکسیژن و ازت و گاهی گوگرد می باشند. تعداد زیادی از اجزای ساختمان پروتوپلاسم را پروتئینها تشکیل می دهند.

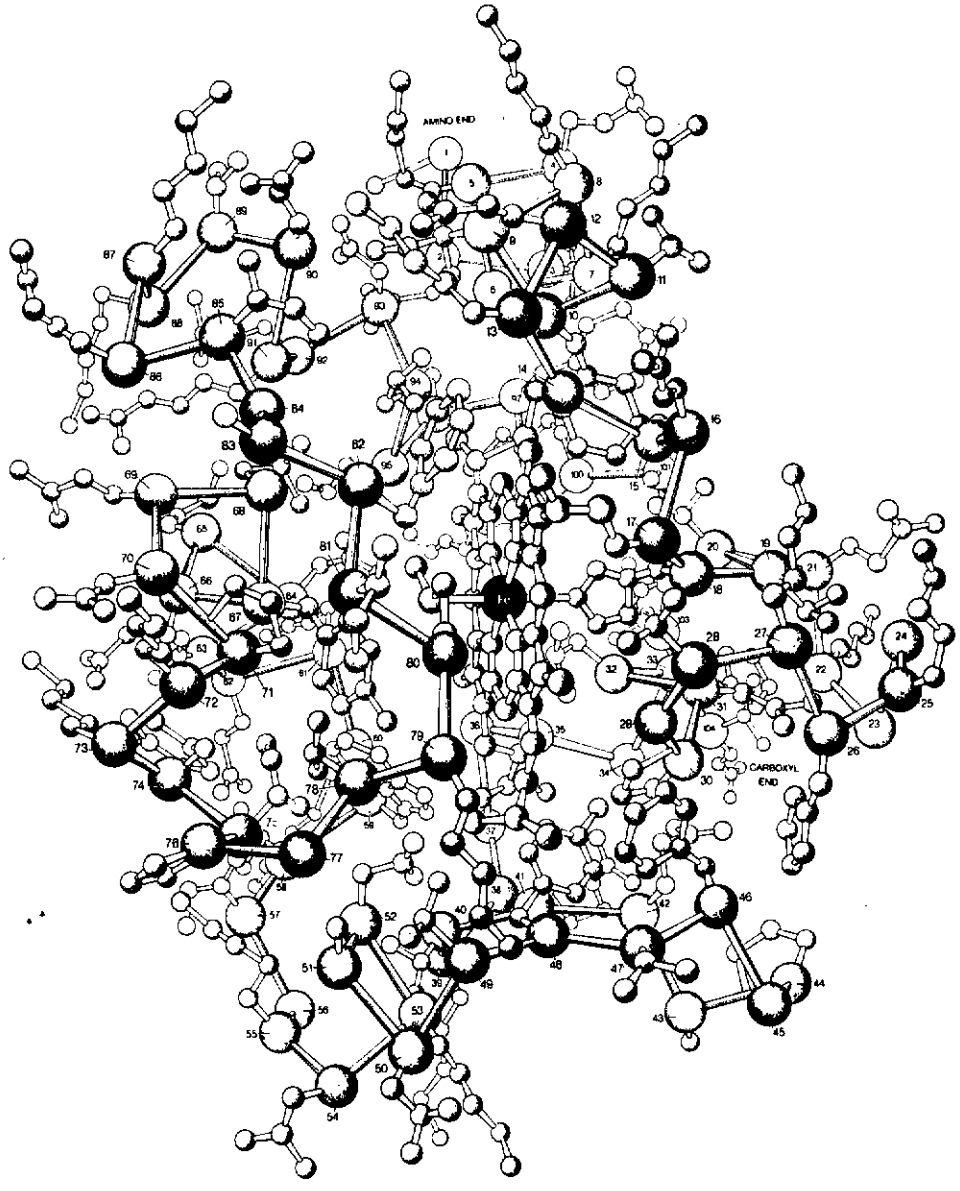


شکل ۶-۲ فرمول ساختمانی و مدل اسید آمینهٔ گلیسین

حدود ۲۰ نوع مختلف اسید آمینه وجود دارد که از ۵۰ تا ۵۰ هزار و بیشتر به نسبتهای مختلف در هر ملکول پروتئین به کار می رود. هر اسید آمینه دارای دو گروه اتمی است، یک گروه آمین NH_2- و یک گروه کربوکسیل (عامل اسیدی)، COOH- ، هر دو به یک اتم کربن متّصل می شوند. گروههای NH_2- و COOH- اسیدهای آمینه یک پروتئین با هم اتّصال پیدا کرده و زنجیره ای را می سازند. این پیوندها، پیوندهای پپتیدی نامیده می شود و زنجیره هایی که حاصل می شود زنجیره های پلی پپتید می باشند.

زنجیره های پلی پپتید یک پروتئین، غالباً به صورت مارپیچ می باشد و شبیه یک پلکان مارپیچی است. بسیاری از آنها به شکل کروی در می آیند مانند پروتئین سیتوکروم c که در شکل ۷-۲ نشان داده شده است. هر چیزی مانند گرمای زیاد یا عوامل شیمیایی که این ویژگی پیچ خوردگی و تاخوردگی را به هم بزند موجب دناتوراسیون پروتئین شده و ممکن است مرگ یاخته ای را سبب شود که پروتئین بخشی از آن است.

چون پروتئینها از لحاظ تعداد اسید آمینه های سازنده آنها متفاوتند همچنین نسبتها و نظم آنها در زنجیره های پلی پپتید متفاوت است لذا تعداد و انواع مختلف پروتئینها به حدّی زیاد است که خارج از تصوّر می باشد. تعجّب ندارد که هریک از میلیونها گونه ای که وجود دارد حدّاقل یک پروتئین مخصوص به خود را دارا باشد.



شکل ۷-۲ مدل سیتوکروم c ، یك پروتئین کوچك که حدود ۲۰ نانومتر قطر دارد

آنزیمها

آنزیمها در کلّیهٔ یاخته های زنده به وجود می آیند. اینها ملکولهای پروتئینی بزرگ و پیچیده ای هستند که به صورت کاتالیزرهای آلی عمل می نمایند؛ یا گاهی ملکولهای RNA هستند (به بخش اسیدهای هسته ای که دنبال می شود رجوع نمایید). کاتالیزر مادّه ای است که به واکنشهای شیمیایی سرعت می بخشد بدون این که در واکنش مصرف شود. هریک از تعداد تقریباً دو هزار آنزیمی که تا به حال شناخته شده منحصربه فرد بوده و یک واکنش ویژه را در یاخته ای که در آن سنتز می شود حتّی در غلظت پایینی کاتالیز می کند. آنها برای فعّالیتهای طبیعی متابولیکی یاخته، بسیار ضروری می باشند. چون بدون این که تغییر کنند باعث شتاب واکنشها می شوند و از این رو مکرّر مورد استفاده قرار می گیرند. معمولاً در انتهای نام آنزیم پسوند ase قرار می گیرد. یکی از متداولترین آنزیمها مالتاز می باشد که هیدرولیز مالتوز را به گلوکز تبدیل می نماید. آنزیمها در چند فصل دیگر مورد بحث قرار خواهند گرفت.

اسیدهای هسته ای

اسیدهای هسته ای، ترکیبات پیچیده ای هستند. ابتدا تصوّر می شد که محدود به هستهٔ یاخته باشند ولی امروزه معلوم شده که در قسمتهای دیگر یاخته نیز وجود دارند. وجود آنها برای واکنشها و تبادلات درون یاخته های زنده، حیاتی می باشد. جزئیات دو مثال یکی اسیدریبونوکلیئیک (RNA) و دیگری اسید دی اُکسی ریبونوکلئیک توضیح داده می شود:

ملکولهای اسید دی اکسی ریبونوکلئیک (DNA) کروموزومها (فصل ۳) از دو رشتهٔ مارپیچی که در آنها واحدهای کوچکتری بنام نوکلئوتید تکرار می شود تشکیل می شوند. هرکدام از واحدهای نوکلئوتیدی از یک باز، یک قند و یک فسفات، ساخته شده است. این ملکولها بسیار درشت بوده و در واحدهایی بنام ژن قرار دارند که حامل کدهای اطّلاعاتی هستند که بدقّت، طبیعت و نسبت هزارها مادّه ای را که در یاخته وجود دارند را مشخّص نموده، و نهایةً شکل و ساختمان جاندار را تعیین می کنند. اگر این کدهای اطّلاعاتی نوشته شوند حدّاقل برای موجودات پیچیده ۱۰۰۰ کتاب ۳۰۰ صفحه ای را پر می کنند. ملکولهای DNA بطور دقیقی می توانند همانندسازی کنند (خودشان را مضاعف کنند). هنگامی که یک یاخته تقسیم می شود اطّلاعات وراثتی که در DNA یاختهٔ جدید جا گرفته است دقیقاً از اطّلاعات اصلی رونویسی شده و

بدین ترتیب بدون تغییر از نسلی به نسل دیگر منتقل می شود بجز در حادثهٔ جهش (در فصل ۱۳ توضیح داده می شود).

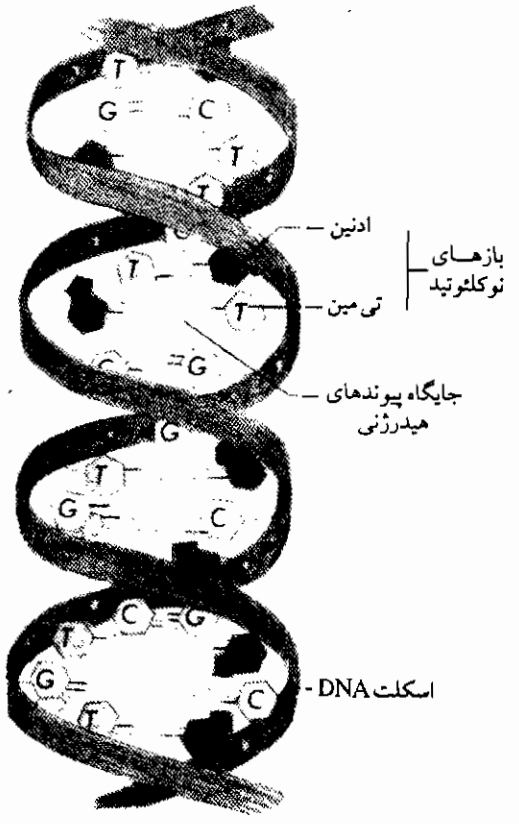
ساختمان ملکول DNA

هزاران اتم در ملکول DNA به صورت زنجیره ای از واحدهای ساختمانی بنام نوکلئوتید وجود دارند. هر نوکلئوتید شامل ۳ بخش است: (۱) یک باز آلی ازت دار؛ (۲) یک قند ۵ کربنی، دی اُکسی ریبوز؛ (۳) یک گروه فسفات. باز آلی ازت دار و گروه فسفات هر دو به قند متّصل می باشند (تصویر ۸-۲). در ملکول DNA چهار نوع نوکلئوتید موجود است که هر نوع آن یک باز مخصوص به خود دارد، امّا همه دارای گروه فسفات و قند مشابه می باشند. دو تا از بازهای نوکلئوتید یعنی آدنین و گوانین، **پیورین** نام دارند. آنها دارای ساختمان ملکولی شبیه دو حلقهٔ متّصل هستند. بازهای دو نوکلئوتید دیگر یعنی سیتوزین و تیمین، **پیریمیدین** نامیده می شوند، آنها دارای ساختمان ملکولی یک حلقه ای هستند.

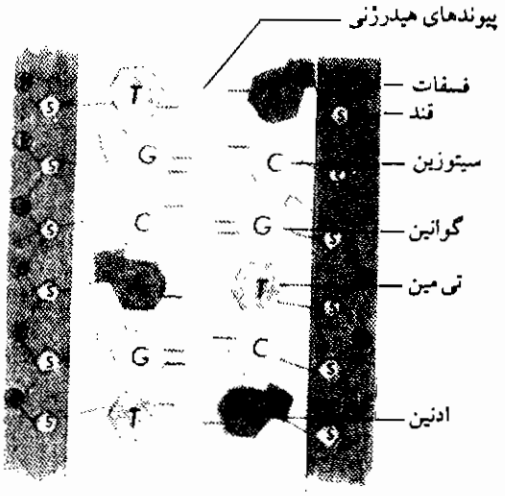
هر نوکلئوتید در ملکول DNA با نوکلئوتید دیگر طوری متّصل می شود که نوکلئوتیدها یک زنجیره ای را ایجاد نموده که در آن قند یک نوکلئوتید با گروه فسفات نوکلئوتید بعدی متّصل است و بازهای ازت دار به صورت انشعابات از زنجیره خارج می شوند. هرگونه DNA مخصوص به خود را دارا می باشد با نوکلئوتیدهایی که در هر نوعی از ملکول DNA ترتیبهای متفاوتی را دارند. احتمال وقوع این ترتیبها برای واریته نامحدود به نظر می رسد (شکل ۹-۲).

در سال ۱۹۵۱ میلادی دوزیست شناس سلّولی بنامهای واتسون (James D. Watson) و کریک (Francis Crick) با توجّه به یک سری از تحقیقات پیشرفته و ارزشمند نهایةً به ساختمان ملکولی مدل DNA هدایت شدند. آنها در شروع کار یک سری از اطّلاعات را به دست آورده بودند که منجر به چنین نتایجی شد. به عنوان مثال آنها می دانستند که پالینگ (Linus Pauling) قبلاً نظر داده بود که ساختمان DNA ممکن است شبیه ساختمان پروتئین باشد، همچنین او نشان داده بود که قسمتی از ساختمان تعدادی از ملکولهای پروتئین به صورت مارپیچ می باشد و به وسیلهٔ پیوندهای هیدرژنی بین اسیدهای آمینه نگاه داشته می شوند. آنها از مطالعات شارگراف (Erwin Chargraff) و دیگران که در دانشگاه کلمبیا در سالهای گذشته انجام شده بود می دانستند که بین نوکلئوتیدهای دارای آدنین و نوکلئوتیدهای دارای تیمین در ملکول DNA یک نسبت ۱ : ۱ وجود دارد، و این نسبت بین نوکلئوتیدهای گوانین دار و سیتوزین دار وجود

دارد. آنها از مطالعات فرانکلین (Rosalind Franklin) و ویلکیز (Maurice H. F. Wilkins) که در آنها تجهیزات ویژهٔ پرتو X به کار گرفته شده بود می دانستند که ساختمان ملکول DNA از واحدهای تکراری منظّم و مارپیچی تشکیل شده است.



شکل ۸-۲ ساختمان یك ملکول DNA. در این تصویر که بخش کوچکی از ملکول DNA بزرگ شده، حلقه‌های نردبان مارپیچ از دو نوار حلقوی و مارپیچی محتوی بازهای ازته که متناوباً وصل به‌واحدهای قندی (S) و فسفات (P) می‌باشند تشکیل شده است. آدنین و گوانین (A و G) گروه پیورین مخالف تیمین و سیتوزین (T و C) گروه پیریمیدین مقابل هم به‌وسیلهٔ پیوند هیدرژنی بین بازهای ازته در ملکولهای جفت متّصل می‌شوند. مارپیچ مضاعف ۲ نانومتر قطر دارد.



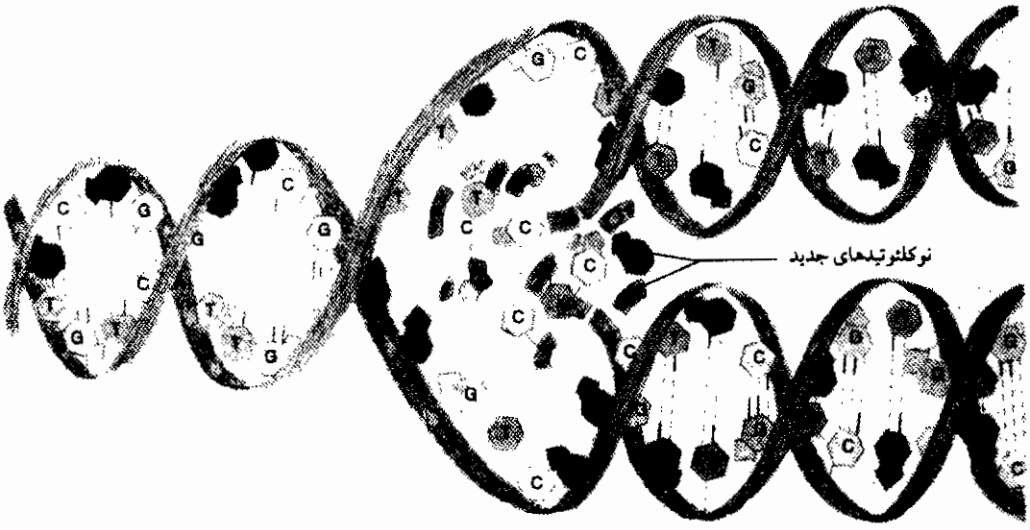
شکل ۹-۲ جفت‌شدن نوکلئوتیدها در بخش خیلی کوچکی از نوار DNA. تنوّع در ترتیب قرارگرفتن جفتها عملاً نامحدود می‌باشد.

واتسون و کریک وقتی که تمام واقعیّتها را به هم ارتباط دادند نتیجه گرفتند که ملکول DNA یک مارپیچ مضاعف بسیار بزرگی است که دارای عرضی معادل ۲۰ آنگستروم بوده و ظاهراً اطراف یک قطب نامرئی پیچ خورده است. یک رشته به یک سَمت پیچ خورده است و رشتهٔ دیگر دقیقاً با همان زاویه به سَمت دیگر و مخالف. آنها نتیجه گرفتند که نوکلئوتیدها شبیه نردبان بین دو رشته به هم متّصلند ولی می دانستند اگر بین دو رشته بازهای پیورین به هم متّصل شوند پهنای ملکول، از ۲۰ آنگستروم تجاوز می نماید و همچنین از اتّصال دو باز پیریمیدین عرض ملکول به ۲۰ A° نخواهد رسید لیکن اگر یک پیورین و یک پیریمیدین با هم اتّصال حاصل نمایند اندازه آنها با عرض مدل کاملاً تطبیق می نماید. به این ترتیب آنها نتیجه گرفتند که پلّه های نردبان منحصراً از جفتهای بازی پورین ـ پیریمیدین حاصل شده است. این به این معنی است که آدنین ـ سیتوزین و تی مین ـ گوانین نمی توانند اتّفاق بیفتد امّا آدنین ـ تیمین (تیمین ـ آدنین) و گوانین ـ سیتوزین (یا سیتوزین ـ گوانین) می توانند وجود داشته باشند. این موضوع بطور جالبی نسبت ۱ : ۱ را که توسّط شارگراف

و همکارانش نشان داده شده بود توجیه می نماید. این مدل در سال ۱۹۵۳ میلادی ارائه گردید، واتسون و کریک برای مطالعاتشان اشتراکاً جایزهٔ نوبل دریافت نمودند و فرانکلین قبل از آن که به این افتخار دست پیدا کند وفات کرد. تحقیقات بعدی نتایج آنها را تأیید نمود بطوری که مدل ملکول DNA آنها هنوز هم به صورت تنها مدل معتبر پذیرفته شده است.

همانندسازی (مضاعف شدن) ملکول DNA

اگر ملکول DNA براستی حامل ویژگیهای وراثتی باشد بایستی قادر باشد که خودش را دقیقاً مضاعف بنماید تا بتواند آگاهیها را از نسلی به نسل دیگر منتقل نماید. چون همهٔ ملکولهای DNA فقط ۴ نوکلئوتید گوناگون دارند اختلاف DNA موجودات زنده بایستی مربوط به ترتیب احتمالی چهار پلکان نردبان و تعداد کلّ آنها و همچنین مربوط به نسبتهای آدنین تیمین و سیتوزین ـ گوانین باشد. اگر این چهار نوکلئوتید توسّط سلّول ساخته شوند این پرسش مطرح می شود که چگونه در کنار هم برای تولید ملکول DNA ردیف می شوند؟ واتسون و کریک مشاهده کردند که اگر دو رشتهٔ DNA ازطریق پیوندهای هیدرژنی بین نوکلئوتیدهای پلکان نردبان مانند زیپی از هم جدا شوند هر رشتهٔ مجزّا شده، کلّیهٔ اطّلاعاتی را که برای ایجاد یک نردبان جدید لازم است مهیّا می نماید (شکل ۱۰-۲). ازطرف دیگر چون گوانین می تواند تنها با سیتوزین جفت شود و بالعکس، بنابراین یک نوکلئوتید گوانین دار که توسّط سلّول ساخته می شود می تواند وسیلهٔ یک نوکلئوتید سیتوزین دار جفت و یا بسته شود؛ و همچنین یک نوکلئوتید آدنین دار می تواند فقط با نوکلئوتید تیمین دار پیوند برقرار نماید. بنابراین اگر دو رشته ملکول DNA یک یاخته باز شوند نوکلئوتیدهای جدا شده می توانند در مجاور یکدیگر با ترتیبهای دقیقی قرار گرفته ردیف شوند و از پیوند خود، زنجیره جدیدی را حاصل نمایند و زنجیره های جدا شده می توانند به عنوان قالبی برای همانندسازی عمل نمایند. این فرضیّهٔ واتسون و کریک که در سال ۱۹۵۳ میلادی ارائه گردید به وسیلهٔ به کارگیری ایزوتوپهای اتمهای کربن و ازت در نوکلئوتیدها اثبات شده است. شواهد دیگر آشکار می نماید که تعداد آنزیمهای مختلف در کاتالیز نمودن همانندسازی ملکول DNA نقش دارند.



شکل ۱۰-۲ همانندسازی (مضاعف‌شدن) ملکول DNA. یك ملکول هنگام همانندسازی مانند زیپی از محلّ پیوندهای هیدرژنی در طول نوار از وسط باز می‌شود. پیوندهای هیدرژنی باعث اتّصال نوکلئوتیدها در وسط می‌شوند. سپس هرکدام از نیمه‌ها برای نوکلئوتیدهایی که درون یاخته وجود دارند به‌صورت قالبی عمل می‌نماید. به‌موازاتی که نوکلئوتیدهای جدید در جایگاههای مخصوص قالب موجود جای گرفته و پیوند حاصل می‌نمایند، یك مارپیچ مضاعف مجدّداً برای هرکدام از نیمه‌ها شکل می‌گیرد.

انواع ویژهٔ RNA و عمل آنها

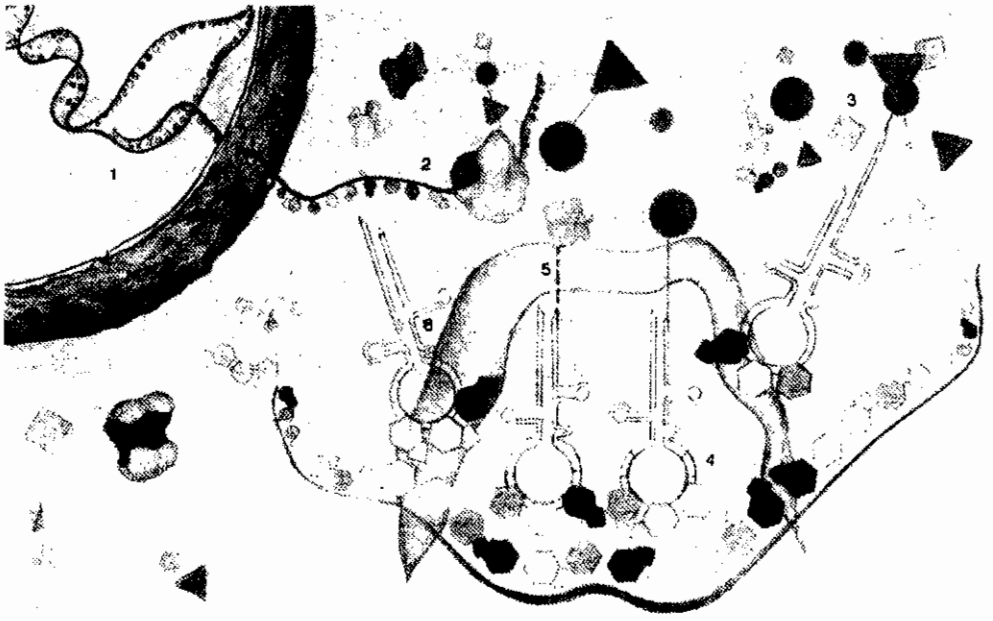
RNA پیک *(mRNA)* : RNA پیک ملکول درشتی است که از چند صد تا چندین هزار نوکلئوتید ساخته می‌شود. نظیر یک رشتهٔ جدید DNA ، یک رشتهٔ mRNA در طول رشتهٔ DNA تشکیل شده و مانند تکّه‌های یک معمّا با هم جفت و جور شده و بجای تیمین اوراسیل قرار می‌گیرد. یک ترتیب ۳ باز نوکلئوتیدی در روی mRNA که مشخّصاً بنام کودون شناخته شده یک اسید آمینه را کُد می‌نماید. کدونها از یک جهت خوانده شده لذا مانع اشتباه احتمالی در کد نمودن یک اسید آمینه می‌شود. به محض این که ملکول mRNA

درون هسته تشکیل شد آنزیمها بخشهایی از ملکول را شکسته یا تغییر می دهند. آنزیمهای خاص، بخشهایی را که ترتیب صحیح ملکول پروتئین را ندارند اصلاح نموده و یا آنها را رها می نمایند. mRNA سپس ازطریق منافذ غشای هسته، به سیتوپلاسم منتقل می شود.

در سیتوپلاسم هر واحد mRNA از یک انتها به ریبوزوم که خود از RNA و دیگری (rRNA) همراه با پروتئین تشکیل شده اتّصال حاصل نموده و معمولاً چندین ریبوزوم با mRNA ارتباط پیدا می کنند که به صورت مجموعه حرکت می نمایند. همراه با خواندن اطّلاعات کد شده اسیدهای آمینه را که همزمان در سیتوپلاسم فعّال شده اند به هم اتّصال می دهند. ظاهراً هر ملکول mRNA به وسیلهٔ ۲ یا ۳ گروه از ریبوزومها خوانده شده و سپس mRNA از بین می رود. عمر متوسّط mRNA در مورد باکتری دستگاه گوارش اشریچیا کولی *(Escherichia coli)* در حدود ۲ دقیقه تخمین زده شده است ولی معمولاً در یاخته های گیاهی بیشتر است (تا چندین ساعت).

RNA ریبوزومی (rRNA): بطوری که در فصل ۳ اشاره شده ریبوزومها از دو بخش تا اندازه ای کروی ساخته شده اند هرکدام دارای نوع ویژه‌ای از RNA و پروتئین می باشند. بخش بزرگتر دارای شکافی است که درون آن RNA ناقل (t-RNA) می تواند جفت شود. نحوهٔ جابه جایی یک tRNA با دیگری تاکنون شناخته نشده است. RNA ریبوزومی همانند t-RNA و m-RNA در طول یک رشتهٔ DNA ساخته می شود. نقش RNA ریبوزومی در سنتز پروتئین مشخّص نیست؛ امّا فرض براین است که ریبوزومها اسیدهای آمینه را دقیقاً در جای خود قرار داده و ملکول پروتئین به عنوان این سنتز به وجود می آید. عمر RNA ریبوزومی زیاد است.

RNA ناقل (t-RNA): یک ملکول t-RNA از یک رشتهٔ ۸۰ نوکلئوتیدی تشکیل شده که به صورت تک رشته ای به هم پیوند حاصل نموده و روی خود تا می خورد. حدّاقل برای هر اسید آمینه یک t-RNA وجود دارد. هر شکل ویژهٔ t-RNA دارای یک حلقه آنتی کدون، جایی که رشته روی خود تا می شود می باشد. این آنتی کدون یک ترتیب ۳ نوکلئوتیدی است که ۳ نوکلئوتید مربوط به اسید آمینه را در m-RNA تشخیص می دهد. یک اسید آمینه به قسمت باز (انتهای گیرنده t-RNA) به وسیلهٔ یک آنزیم که اسید آمینه صحیح را تشخیص می دهد متّصل می شود (شکل ۱۱-۲).



شکل ۱۱-۲ چگونگی سنتز پروتئین. ۱- یك رشته از ملکول DNA مستقر در هسته به عنوان یك قالب یا الگو برای سنتز نوار mRNA عمل می‌نماید. ۲- mRNA از هسته به‌سیتوپلاسم منتقل شده و به‌ریبوزوم ملحق می‌شود. ۳- tRNA اسید آمینه‌های خاص را از ذخیره‌ای که در سیتوپلاسم موجود است جذب نموده. ۴- tRNA زمان کوتاهی با mRNA جفت می‌شود و این در محلی است که ضد کدون آن با کُدون mRNA جفت می‌شوند. ۵- ریبوزوم در طول mRNA حرکت نموده و ملکولهای جدید tRNA را در مقابل کدونهای mRNA قرار داده و به‌این ترتیب اسیدهای آمینه را به‌زنجیرهٔ پلی‌پپتیدی پروتئین در حال سنتز اضافه می‌نماید. ۶. tRNA اکنون می‌تواند پدیده را تکرار نموده و اسید آمینه را از ذخیرهٔ در دسترس سیتوپلاسم جذب نماید. (قابل توجّه: هیچ‌کدام از ملکولها و ساختمانها اندازهٔ حقیقی ندارند، و نسبت آنها به‌یکدیگر و به‌کلّ یاخته، رعایت نشده است).

هنگامی که t-RNA یک اسید آمینه را جذب نمود به ریبوزوم متّصل می شود (فصل ۳) در همان محلّی که m-RNA به ریبوزوم اتّصال حاصل نموده است، سپس همان طور که ریبوزوم

در طول رشتهٔ m-RNA حرکت می نماید t-RNA اسید آمینه خود را آزاد نموده و از ریبوزوم جدا می شود و ترکیب t-RNA و اسید آمینه دیگری جایگزین آن می شود. به این ترتیب اسید آمینه ها براساس ترتیبهای m-RNA ردیف شده و هرکدام با اسید آمینه ملکول دیگر t-RNA ازطریق اتّصال پپتیدی پیوند حاصل نموده تا نهایةً یک ملکول پروتئین کامل شود. بنابراین t-RNA اسیدهای آمینه را برحسب قالبهای مشخّصی که به وسیلهٔ DNA کد گذاری، و ازطریق m-RNA پیام داده شده نقل و انتقال می دهد. اسیدهای آمینه پروتئینهای مختلف یاخته دقیقاً برطبق اطّلاعاتی که از هسته می آید پیوند حاصل می نماید و آنزیمهای خاصّی تولید می شوند تا اسیدهای آمینه صحیح را برای سنتز پروتئینها انتخاب نمایند.

بعد از آن که یک ملکول t-RNA اسید آمینهٔ خود را رها نمود و از ریبوزوم جدا شد می تواند اسید آمینهٔ دیگری را با خود حمل نماید. ظاهراً ملکولهای t-RNA می توانند اسیدهای آمینه را مکرّراً به ریبوزوم منتقل نمایند و این چرخه می تواند ادامه یابد، اگرچه سرانجام ممکن است در اثر آنزیمها از بین بروند. t-RNA همانند r-RNA دارای عمر طولانی است.

خلاصه

۱. منشأ فعّالیّتهای موجودات زنده، پروتوپلاسم می باشد که اساس فیزیکی یا مادّهٔ حیات محسوب می شود. ساختمان و رشد از ویژگیهای موجودات زنده می باشد. رشد به عنوان افزایش حجم توصیف می شود؛ رشد از محصولات جدید پروتوپلاسم حاصل می شود. اختلاف در شکل موجودات ممکن است ارثی بوده و یا تحت تأثیر محیط صورت گیرد.

۲. تولیدمثل، زاد و ولدی است که همیشه فرزندان شبیه والدین به وجود می آورد. اگر تولیدمثل متوقّف شود موجودات منقرض می شوند. گیاهان برخلاف جانوران خیلی بکندی تحریک شده و به صورت متفاوتی عکس العمل نشان می دهند.

۳. تمام موجودات زنده فعّالیتهای متابولیکی دارند که شامل محصولات جدید پروتوپلاسم، تنفّس، گوارش و جذب، می باشد (علاوه براین، گیاهان سبز می توانند فتوسنتز نمایند) و همچنین موجودات زنده می توانند حرکت را به نسبتهای گوناگونی نشان دهند. سیکولوز، جریان پروتوپلاسمی است درون یاخته. موجودات زنده نسبت به اجسام غیرزنده ترکیبات پیچیدهٔ خیلی زیادی داشته و نسبت به محیط خود سازش می نمایند.

۴. اساس «موادّ هستی» *مادّه* نامیده می شود که به ۳ صورت جامد، مایع و گاز یافت می شود. مادّه از عناصر ساخته شده است که کوچکترین واحد پایدار آن *اتم* می باشد. اتمها دارای یک هستهٔ کوچک می باشند که حاوی پروتونها با بار مثبت و نوترونهای بدون بار که اطراف آنها ذرّات با بار منفی بنام *الکترون* می چرخند. ایزوتوپها شکلهای مختلف یک عنصر هستند که ازنظر تعداد نوترون متفاوتند.

۵. اتمهای عناصر می توانند با اتمهای دیگر پیوند حاصل کنند، لیکن غالب عناصر به صورت مستقل وجود ندارند. موادّ مرکّب، موادّی هستند که از چند عنصر ازطریق پیوندهای شیمیایی و به نسبتهای مشخّص تشکیل شده اند، ملکولها کوچکترین ذرّهٔ آزاد در طبیعت می باشند. اگر یک ملکول الکترونهایی را جذب یا دفع نماید به صورت *یون* در می آید، که با یون دیگر ایجاد پیوند یونی می کند. در پیوند کووالانسی زوجهای الکترون، دو یا چند هستهٔ اتم را اتّصال می دهند؛ اتمهای ازت یا اکسیژن یک ملکول ممکن است با اتمهای هیدرژن ملکولهای دیگر پیوند ضعیف هیدرژنی ایجاد نمایند.

۶. ظرفیت ترکیبی یک اتم یا یون *والانس* نامیده می شود. اتمهای مخلوطها همه به صورت نسبتهای مشخّص و به صورت شیمیایی ترکیب نمی شوند. اسیدها در اثر حل شدن در آب، یون مثبت هیدرژن را آزاد می کنند. مقیاس pH برای اندازه گیری حالت اسیدی یا قلیایی می باشد. وقتی که بازها و اسیدها ترکیب شوند نمک و آب ایجاد می شود.

۷. انرژی به معنی توانایی انجام کار است. اَشکال مختلف انرژی شامل شیمیایی، گرمایی، الکتریکی و نوری، جنبشی و پتانسیل می باشد.

۸. پروتوپلاسم، از کربن، هیدرژن، اکسیژن و ازت همراه با مقدار کمی فسفر و پتاسیم به اضافهٔ مقدار کمی از عناصر دیگر، تشکیل شده است. گیاه، ملکولهای ساده و یا یونهایی را که از چرخه های گیاه و یا ازطریق جذب از خاك حاصل می نماید، به ملکولهای پیچیده تبدیل می کند. ملکولهای آلی معمولاً اسکلت کربنی دارند.

۹. کربوهیدراتها، شامل کربن، هیدرژن و اکسیژن، به نسبت ۱ : ۲ : ۱ می باشند. کربوهیدراتها به صورت مونوسکاریدها (قندهای ساده، مانند گلوکز) و دی سارکاریدها که شامل دو قند سادهٔ متّصل به یکدیگر (مانند ساکارز) یافت می شوند. بعضی از پلی ساکاریدها (مانند نشاسته و سلّولز) از چندین ملکول قند سادهٔ به هم فشرده تشکیل شده اند، برخی دیگر (مانند پکتین) پیچیدگی بیشتری دارند. لیگنینها جزء

پلی سارکاریدهای ساختمانی می باشند. قندهای ساده هنگام اتّصال به هم، یک ملکول آب از دست می دهند و ایجاد نشاسته می کنند. *هیدرولیز*، پدیده‌ای است که طیّ آن نشاسته در مراحل گوارشی شکسته و بدین صورت قندهای ساده، ملکولهای آب را به دست می آورند.

۱۰. لیپیدها (مانند چربیها و روغنها) شامل یک واحد گلیسرل و سه واحد اسید چرب متّصل به آن می باشند. لیپیدها در آب غیر محلول بوده و شامل کربن، هیدرژن و اکسیژن می باشند. نسبت به هیدراتهای کربن، اکسیژن خیلی کمتری دارند. چربیهای اشباع شده، چربیهایی هستند که اتمهای هیدرژن تمام ظرفیتهای آزاد کربنها را پر کرده باشند. اگر برای اتمهای هیدرژن جایگاههای کمی باقی مانده باشد چربی را غیر اشباع گویند.

۱۱. پروتئینها ملکولهای درشتی هستند که از اجزائی بنام اسید آمینه تشکیل شده اند. هر اسید آمینه دارای دو عامل است: یک عامل اسیدی یعنی کربوکسیلی (COOH–) و یک عامل آمینی ($-NH_2$)؛ این عاملها اسیدهای آمینه را برای ایجاد زنجیره های پلی پپتیدی به هم متّصل می کنند. پیوندها تحت عنوان پیوندهای پلی پپتیدی هستند. آنزیمها ملکولهای درشت پروتئین هستند که به عنوان کاتالیزورهای آلی عمل می کنند.

۱۲. دو نوع اسید هسته ای (DNA و RNA) عمدةً در رابطه با هسته وجود دارد. DNA و RNA دارای زنجیره هایی هستند که از واحدهای نوکلئوتید ساخته شده است. هر نوکلئوتید شامل بازهای آلی ازت دار، یک قند ۵ کربنی و یک گروه فسفات می باشد. در DNA چهار نوع نوکلئوتید وجود دارد که به وسیلهٔ باز آلی خود، مشخّص می شوند. کروموزومها دارای رشتهٔ مارپیچی DNA و دارای اطّلاعات کد شده ای هستند که در مورد طبیعت ویژگیهای مواد درون یاخته تصمیم می گیرند و شکل نهایی و ساختمان موجود را ایجاد می نمایند.

۱۳. واتسون و کریک و ویلکینز در سال ۱۹۵۳ میلادی جایزهٔ نوبل را به خاطر مدل DNA دریافت نمودند. همانندسازی DNA به وسیلهٔ باز شدن زیپ مانند پلّه های نردبان که در آن نوکلئوتیدها قرار دارند انجام می شود و نوکلئوتیدهای جدید جای نوکلئوتیدهای قبلی را می گیرند تا دو زنجیرهٔ DNA جدید شکل گیرد.

۱۴. پروتئینهای جدید دقیقاً برطبق اطّلاعات کد شدهٔ موجود در DNA هسته که به وسیلهٔ RNA از هسته خارج شده اند تشکیل می شوند. RNA به ۳ شکل وجود دارد؛ RNA پیک که

از ملکول DNA در هسته به وجود امده و از هسته به سیتوپلاسم منتقل می شود و در سیتوپلاسم به ریبوزوم متّصل می شود. ریبوزومها کدها را خوانده و اسیدهای آمینه را برای تشکیل پروتئین به هم متّصل می کنند، ملکولهای RNA ناقل اسیدهای آمینه را به محلّ ریبوزوم منتقل می کنند. خود ریبوزومها از RNA ساخته شده است که به آن RNA ریبوزومی گویند.

پرسشهای یادآوری

۱. به چه طریق می توان یک موجود زنده را از یک موجود غیرزنده مثل یک سنگ تمیز داد؟
۲. معنی واژهٔ «آلی» چیست؟
۳. چگونه می توان اسیدها، بازها و نمکها را از هم تشخیص داد؟
۴. فرق بین هیدراتهای کربن، لیپیدها، و پروتئینها را بنویسید.
۵. انرژی چیست و چه اَشکالی دارد؟
۶. ساختمان و همانندسازی DNA را توضیح دهید.
۷. طبیعت و نقش RNA چیست؟

پرسشهای تشریحی

۱. آیا می تواند اجزائی از یک موجود زنده ولی اجزاء دیگر آن مرده باشد؟
۲. فرق بین شکل ارثی موجود و شکلی که حاصل تأثیر محیط است چیست؟
۳. آیا حقیقةً DNA سنتز پروتئین را کنترل می کند؟ توضیح دهید.

منابع اضافی

Adler, I. 1977. *How life began*, rev. ed. New York: Harper & Row.

Ambrose, E. J. 1982. *The nature and origin of the biological world*. New York: Halsted Press.

Baker, J. J. W., and G. E. Allen. 1982. *Matter, energy and life*, 4th ed. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Co.

Lehninger, A. L. 1982. *Principles of biochemistry.* New York: Worth Publishers.

Margulis, L. 1982. *Early life.* Portola Valley, CA: Jones & Bartlett.

Oparin, A. I. 1953. *Origin of life,* 2d ed. Mineola, NY: Dover Publications.

Raven, P. H., R. F. Evert, and S. E. Eichhorn. 1986. *Biology of plants,* 4th ed. New York: Worth Publishers.

Ray, P. M., T. A. Steeves, and S. A. Fultz. 1983. *Botany.* Philadelphia: Saunders College Publishing.

فصل سوم ـ یاخته ها

رؤوس مطالب

برخی اهداف فراگیری
نظر اجمالی
مقدّمه
یاخته ها
تاریخچه
میکروسکپهای جدید و مدرن
اندازه و ساختمان یاخته
اندازهٔ یاخته
دیوارهٔ یاخته
پروتوپلاسم
غشای پلاسمایی
شبکهٔ اندوپلاسمیک
ریبوزومها
میتوکندریها
دستگاه گلژی (دیکتیوزومها)
پلاستها
میکروتوبول و میکروفیلامنها
هسته
اندامهای دیگر
واکوئلها
یاخته های یوکاریوتیکی، در مقایسه با یاخته های پروکاریوتیکی
سیکولوز
تولید مثل یاخته ای
چرخهٔ یاخته
آنترفاز
میتوز
پروفاز
متافاز
آنافاز
تلوفاز
ارتباط بین یاخته ها
یاخته های گیاه عالی، در مقایسه با یاخته های جانوران
خلاصه
پرسشهای یادآوری
پرسشهای تشریحی
منابع اضافی

آبکش درخت (Pseudotsuga) که با میکروسکپ مجهّز به‌نور پولاریزه تصویر شده (Ellmore)

فصل سوم

یاخته ها

برخی اهداف فراگیری

۱- شناسایی پنج شخصیت تاریخی که دست اندرکار تکامل فرضیهٔ سلّول بوده، و نوع خدمات آنها.

۲- شناخت ساختمانها و اندامهای زیر با اشاره به عمل آنها؛ غشای پلاسمایی، میتوکندریها، پرده یا شبکهٔ اندوپلاسمیک، ریبوزومها، اجسام گلژی، پلاستها و واکوئلها.

۳- شرح اجزای تشکیل دهندهٔ یک هسته، و درك عمل هرکدام از اجزا.

۴- مقایسهٔ یاخته های گیاهی با یاخته های جانوری.

۵- شناخت چرخهٔ یاخته و رویدادهایی که در هرکدام از مراحل تقسیم میتوز رخ می دهد.

نگاه اجمالی

در این فصل، ابتدا خلاصه ای از تاریخچهٔ کشف یاخته ها و تکامل «نظریهٔ یاخته» ارائه می شود. بعد از مشاهدهٔ اندازه و ساختمان عمومی یاخته اجزای گوناگون یاخته از دیوارهٔ یاخته شروع شده، سپس غشای پلاسمایی، میتوکندری، شبکهٔ اندوپلاسمی، ریبوزومها، اجسام گلژی، پلاستها، میکروتوبولها، میکروفیلامنتها، میکروبادیها، واکوئلها، غشای واکوئلی و هسته، توضیح داده می شوند. در پایان، اختلاف بین یاخته های گیاهی و جانوری و همچنین

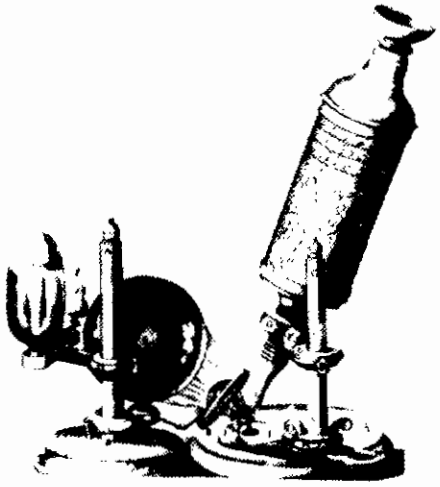
بین یاختهٔ یوکاریوت و پروکاریوت بیان می شود. در ادامهٔ فصل، میتوز و سیتوکینز توضیح داده خواهد شد، و در نهایت مرور مختصری بر ارتباطات یاخته ای خواهیم داشت.

مقدّمه

موجودات زنده، از نهنگ و درخت سیب تا گورخر و گل آهار، همه از یاخته تشکیل شده اند. موجودات زنده که شامل هرکدام از ماها نیز می باشد معمولاً حیات را از یک یاخته شروع کرده اند که بکرّات تقسیم شده و تبدیل به موجودی با بیلیونها یاخته شده است. در چند ساعت اوّل رشد هر موجودی، یاخته ها همه شبیه یکدیگرند؛ لیکن تغییرات نه تنها در ظاهر یاخته ها بلکه در عمل آنها نیز بسرعت اتّفاق می افتد. تغییرات در بعضی یاخته ها اجازه می دهد که آنها به صورت یاخته های هدایت کننده عمل نماید در حالی که یاخته های دیگر می توانند در ترشّحات و یا استقامت شرکت نمایند. بعضی یاخته ها برای سالهای سال زنده و فعّال می مانند، در حالی که برخی دیگر تنها چند روز زنده و فعّال مانده سپس از بین می روند. حتّی زمانی که شما دارید این قسمت را می خوانید میلیونها یاخته در بدن شما ایجاد می شود. بعضی از یاخته ها وزن بدن شما را افزایش می دهند (اگر شما هنوز در حال رشد باشید) لیکن بیشتر آنها میلیونها یاخته ای را که هر ثانیه در بدن شما تخریب می شوند جایگزینی می نمایند. گوناگونی و شکل یاخته ها تقریباً نامحدود است؛ لیکن غالب آنها در بعضی از صفات مشترکند. توضیحاتی در مورد این خصوصیات، پیکرهٔ این فصل را تشکیل می دهد.

یاخته ها ـ تاریخچه

کشف یاخته ها، مصادف است با توسعهٔ صنعت میکروسکپ در قرن ۱۷ (فصل ۱). در سال ۱۶۶۵ میلادی یک فیزیک دان انگلیسی بنام رابرت هوك با استفاده از میکروسکپ ابتدایی خود (شکل ۱-۳) مقاطع نازکی از چوب پنبه را که با چاقوی قلمی تیزی بریده بود مورد آزمایش قرار داد. هوك بخشهای جعبه مانندی را که دیده بود به سطح شانه کندوی عسل تشبیه کرد و امتیاز استعمال واژهٔ «سلّول» را که برای آنها به کار برد به خود اختصاص داد. او تخمین زد که در یک اینچ مکعب چوب پنبه تقریباً تعداد ۱۲۵۹ میلیون از چنین سلّولهایی وجود دارد. آنچه را که هوك درچوب پنبه دید تنها دیوارهٔ یاخته های مرده بود. او همچنین در یک نوع توت، شیرهٔ یاخته ها ی زنده را مشاهده کرد و تصوّر نمود که چیزی شبیه سرخرگها و سیاهرگهای جانوران هستند.



شکل ۱-۳ میکروسکپ رابرت هوك که در یکی از آثارش تصویر شده است (متعلّق به کتابخانهٔ ملّی پزشکی).

در طیّ ۵۰ سال بعد، مالپیگی[1] (پزشک ایتالیایی) آنتون ون لوئی فن هوك[2] و هموطنش گرو[3] حضور یاخته ها را در بافتهای گوناگون گیاه و همچنین شکل و ساختمان موجودات تک یاخته را به عنوان آنیمالکول[4] بکرّات گزارش نمودند.

بعد از این دوران تا سال ۱۸۰۰ میلادی اطّلاعات کمی در مورد یاخته گزارش شد. بخش اعظم این عدم پیشرفت به واسطهٔ نقص میکروسکپهای ابتدایی و همچنین روشهای ناقص تهیّهٔ برشهای بافت بود. ولی میکروسکپها و همچنین روشهای تهیّهٔ مقاطع بافتی تدریجاً پیشرفت کرد. در سال ۱۸۰۹ میلادی زیست شناس مشهور فرانسوی بنام لامارك[5] تنوّع زیادی را در یاخته ها و بافتها مشاهده نمود و نتیجه گرفت «حیاتی وجود ندارد که اجزای تشکیل دهندهٔ بدن او از بافتهای یاخته ای تشکیل نشده باشد». در سال ۱۸۲۴ میلادی یک فرانسوی بنام دوتروشه[6] نتیجه گیری لامارك را بدین صورت تعمیم داد که تمام بافتهای گیاهی و جانوری از انواع یاخته ها تشکیل شده اند. ولی هیچ کدام متوجّه این نشدند که یاخته می تواند نظیر خود را تولید نموده و بطور مستقل ادامه حیات دهد.

1- Marcello Malpighi
2- Anton van Leeuwenhoek
3- Nehemiah Grew
4- Animalecule
5- Jean Baptiste de Lamarck
6- René J. H. Dutrochet

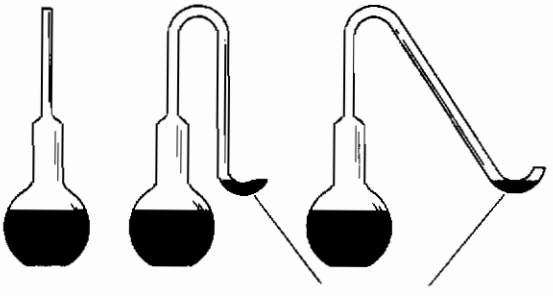
در سال ۱۸۳۸ میلادی دانشمند انگلیسی بنام براون کشف کرد که همهٔ یاخته ها دارای یک جسم نسبةً بزرگ هستند که آن را هسته نامند. زمان کوتاهی بعد از آن، گیاه شناس آلمانی بنام اشلیدن[1] جسم کوچکی را درون هسته مشاهده کرد و آن را هستک نامید. اشلیدن همراه با یک جانورشناس آلمانی بنام شوان[2] اوّلین کسانی بودند که به اهمّیت یاخته پی بردند، ولی توضیحات آنها در مورد یاخته واضحتر و روشنتر از افراد قبلی بود. معمولاً تکامل «تئوری یاخته» که در سال ۱۸۳۹-۱۸۳۸ میلادی توسّط آنها منتشر و شروع شد، به آنها نسبت داده می شود. برمبنای این نظریه، همهٔ موجودات زنده از یاخته تشکیل شده اند و یاخته ها واحد ساختمانی موجود زنده می باشند.

در سال ۱۸۵۸ میلادی شکل کاملتری از نظریهٔ سلّول در کتابی که به وسیلهٔ دانشمند آلمانی دیگری بنام ویرچو[3] انتشار یافت ارائه گردید. او اثبات کرد هریک از یاخته ها از یاختهٔ پیش از خودش منشأ می گیرد، و هیچ یاخته ای خودبه خود به وجود نمی آید. انتشار این کتاب جدال بزرگی برپا نمود زیرا قبل از آن، همهٔ دانشمندان براین باور بودند که حیوانات می توانند بی سبب از گرد و غبار به وجود آیند. افرادی که میکروسکپ شخصی داشتند کاملاً متقاعد شدند زیرا مشاهده می کردند که «جانوران کوچک» از تجزیهٔ مواد، تولید می شوند. جنجال به قدری زیاد شد که در سال ۱۸۶۰ آکادمی علوم پاریس برای کسی که بتواند ازطریق تجربی این قضیه را روشن نماید جایزه ای در نظر گرفت. بعد از دو سال یک دانشمند برجستهٔ فرانسوی بنام پاستور[4] موفّق به کسب این جایزه شد. پاستور با استفاده از ظرفهایی که لوله ای خمیده داشتند بطور قاطع نشان داد که با جوشاندن مایع در صورتی که مانع از ورود میکروارگانیزمها شویم، محیط کشت استریل باقی می ماند (شکل ۲-۳).

در سال ۱۸۷۱ میلادی پاستور اثبات نمود که تخمیر الکل همیشه به وسیلهٔ فعّالیت یاخته های مخمّر صورت می گیرد. در سال ۱۸۹۷ یک دانشمند آلمانی بنام بوخنر[5] تصادفاً کشف کرد که لزومی ندارد یاخته های مخمّر زنده باشند تا عمل تخمیر انجام شود بلکه شیرهٔ مخمّر نیز می تواند قند را به الکل مبدّل کند. این کشف باعث تعجّب زیادی در بین زیست شناسان شد و بسرعت منجر به شناسایی و توصیف آنزیمها گردید (به فصل ۲ رجوع شود). آنزیمها

1- Matthias Schleiden
2- Theodor Schwann
3- Rudolf Virchow
4- Louis Pasteur
5- Eduard Buchner

کاتالیزرهای آلی هستند (موادّی که واکنشهای شیمیایی را تسریع بخشیده بدون این که خود تغییر نمایند) که در تمام یاخته های زنده دیده می شوند. این کشف همچنین دانشمندان را به این عقیده رساند که یاخته ها در واقع به‌عنوان بسته های کوچک حاوی آنزیم عمل می کنند. در نیمهٔ اوّل قرن بیستم پیشرفتهای زیادی در زمینهٔ اصلاح و تکامل میکروسکپها و همچنین تکنیکیهای تهیهٔ مقاطع گیاهی صورت گرفت. تعدادی اندامکهای درون یاخته علاوه بر هسته مشاهده گردید و ارتباط بین ساختمان و عمل یاخته به میزان خیلی زیادی که قبلاً ممکن نبود شناخته شد.



شکل ۲-۳ آزمایش پاستور. مادهٔ غذایی، ازطریق جوشاندن استرلیزه شده و در فلاسکهای با گردن راست و خمیده قرار داده شد. سپس فلاسکها در ظروف دهان‌باز تا چند هفته نگهداری شد. میکروارگانیزمها نظیر باکتریها از هوا به‌فلاسك وارد شده امّا رطوبت درون خمیدگی فلاسکهای با گردن خمیده میکروارگانیزمها را به‌ته انداخت و باعث استرلیزه‌ماندن ماده شد، در حالی که مادّهٔ درون فلاسکهای گردن راست، آلوده شد.

میکروسکپهای پیشرفته

بدون میکروسکپ اطّلاعات خیلی کمی را می توان از یاخته به دست آورد و همان طور که قبلاً اشاره شد دانش وسیع امروزه ما در مورد یاخته و تمام تحقیقات زیست شناسی، مدیون تکامل این وسیله است.

میکروسکپهای نوری درشت نمایی را به وسیلهٔ نوری که از عدسیهای شفّاف عبور می کند به دست می دهند. این عدسیها مجموعاً از انواع مختلفی از شیشه یا کریستالهای فلوئورید کلسیم ساخته شده‌اند. میکروسکپهای نوری دو نوع هستند: میکروسکپهای مرکب که

نمونه هایی که با آن مورد آزمایش قرار می گیرند برای عبور نور بایستی بسیار نازك باشند؛ و میکروسکپهای تشریح که با آنها می توان اجسام معمولی و درشت را مطالعه کرد. بهترین میکروسکپهای مورد استفاده امروزه تا درشت نمایی ۱۵۰۰ تحت شرایط ایده‌آل را دارا هستند. درشت نمایی بیش از ۱۵۰۰ بار تهی محسوب می شود زیرا قدرت تفکیک (قدرت عدسی برای جداسازی دو نقطهٔ نزدیک به هم) در درشت نمایی بالا کاهش می یابد و تصویر نامفهوم و تاری را می دهد. بیشتر میکروسکپهای نوری در آینده نیز می توانند جهت مشاهدهٔ یاخته های زنده مفید واقع شوند.

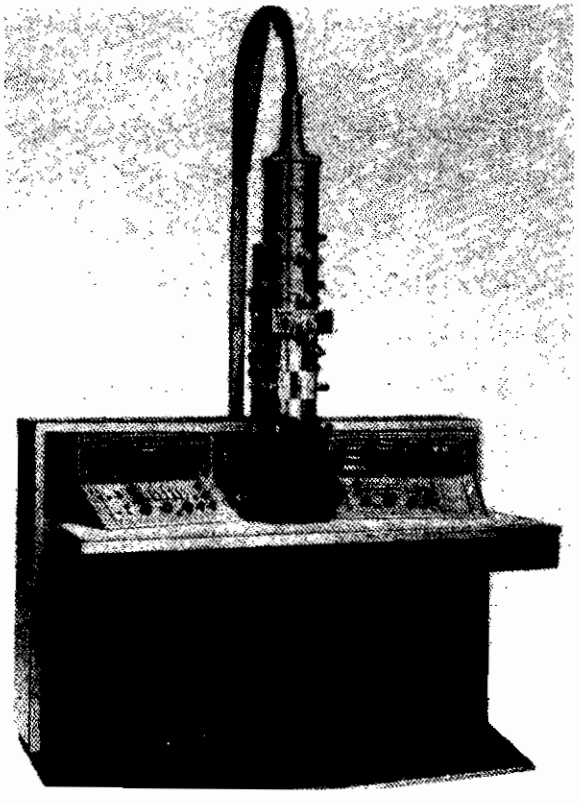
از دههٔ ۱۹۵۰ میلادی تاکنون تولید و تکامل میکروسکپهای الکترونی با قدرت تفکیک زیاد، باعث شده تا جزئیات بیشتری نسبت به میکروسکپهای نوری مشاهده گردد. در میکروسکپهای الکترونی بجای نور، از پرتوهای الکترون استفاده می شود که از اختلاف پتانسیل زیادی که از سیم عبور می کند حاصل می شود. این پرتو الکترون در میان یک لولهٔ خلأ با ستون بلند عبور می کند. هنگامی که پرتو از نمونه عبور کند، درشت نمایی تصویری که در یک صفحه ظاهر می شود به وسیلهٔ یک آهن ربای قوی که در ستون تعبیه شده کنترل می شود. میکروسکپهای الکترونی، مانند میکروسکپهای نوری، دو نوع هستند.

میکروسکپ الکترونی انتقالی .T.E.M (شکل ۳-۳) که درشت نمایی آن بیش از ۲۰۰ هزار برابر اصل می باشد. جهت مشاهده، نمونه بایستی بسیار نازك تهیّه شود و در برابر ستون خلأ قرار گیرد. بنابراین، اجسام زنده را نمی توان با آن مشاهده نمود. میکروسکپ الکترونی سطحی .S.E.M چنین درشت نمایی را ایجاد نمی نماید (درشت نمایی معمول در آن ۳ تا ۱۰ هزار برابر می باشد). لیکن اجسام تیره نیز می توانند مشاهده شوند. اسکانر باعث می شود اجسام مقابل یک لولهٔ کاتود مانند یک صفحهٔ تلویزیون مشاهده شوند. تکنیکهایی که در این نوع میکروسکپها به کار گرفته می شود به قدری پیشرفت نموده است که باعث می شود اجسام فیکسه شده و مرده هم حالت زنده به خود بگیرند.

در سال ۱۹۸۶ میلادی جایزهٔ نوبل فیزیک به دو دانشمند (تجّار بین المللی ماشین آلات) بنامهای بی نیگ[1] و روهرر[2] برای اختراع میکروسکپ روبنده تونلی[3] که در سال ۱۹۸۲ ساخته شد اهدا گردید. در این میکروسکپ، بجای پرتو الکترون یا نور، از یک probe مخصوص

1- Gerd Binnig
2- Heinrich Rohrer
3- Scanning tunneling microscope

استفاده می شود که از سطح جسم مقطع گرفته و تصویری در سطح اتمی ایجاد می نماید؛ و این عمل طوری انجام می شود که به جایی که پُرب برخورد نموده هیچ گونه آسیبی نمی رسد. بدین طریق سطوحی را به کلفتی ۲ اتم می توان اسکن کرد. با این سیستم بطور فرضی می توان در یک نوك سوزن معمولی حدود ۵۰ هزار صحفهٔ تایپ شده را قرار داد. در سال ۱۹۸۹ میلادی توسّط گروهی از دانشمندان آزمایشگاههای لارنس کالیفرنیای شمالی به وسیلهٔ این سیستم اوّلین تصویر از قسمتی از ملکول DNA که ساختمان مارپیچی آن را نشان می داد برداشته شد. چندین نمونه از این میکروسکپها که هرکدام پرب مخصوص دارند ساخته می شود. کشفیّات جدید و مهمّی به وسیلهٔ زیست شناسان سلّولی که از این نوع میکروسکپها استفاده می نمایند، امری متداول شده است.



شکل ۳-۳ یك میکروسکپ الکترونی

اندازه و ساختمان یاخته

اندازهٔ یاخته

بیشتر یاخته های گیاهی و اکثر یاخته های جانوری به قدری کوچک هستند که با چشم غیرمسلّح قابل رؤیت نیستند. یاختهٔ گیاهان عالی معمولاً دارای طولی بین ۱۰ و ۱۰۰ میکرون می باشند. چون در یک انیچ حدود ۲۵۰۰۰ میکرومتر قرار می گیرد، بنابراین در یک اینچ می توان حدود ۵۰۰ یاخته اندازه متوسّط را قرار داد و تقریباً می توان ۳۰ عدد آنها را در نوک یک سوزن قرار داد. فقط بعضی از یاخته های باکتریها کمتر از ۰/۵ میکرون می باشند در حالی که یاخته های نوعی جلبک سبز دریایی بنام جام حوری دریا (Acetabularia) بین ۲ و ۵ سانتی متر طول دارند.

چون اندازهٔ یاخته ها خیلی کوچک است، تعداد آنها در موجودات بالغ نجومی است. به عنوان مثال، محاسبه شده که در یک برگ بالغ درخت گلابی ۵۰ میلیون یاخته وجود داشته باشد، و مجموع کلّ یاخته های ریشه، ساقه، برگ و میوهٔ گلابی بیشتر از ۱۵ تریلیون است. آیا می توانید تصوّر کنید که در یکی از درختان ۳ هزار سالهٔ جنگل قرمز کالیفرنیا که دارای ارتفاعی معادل ۹۰ متر و قطر ۴/۵ متر است چند یاخته وجود دارد؟

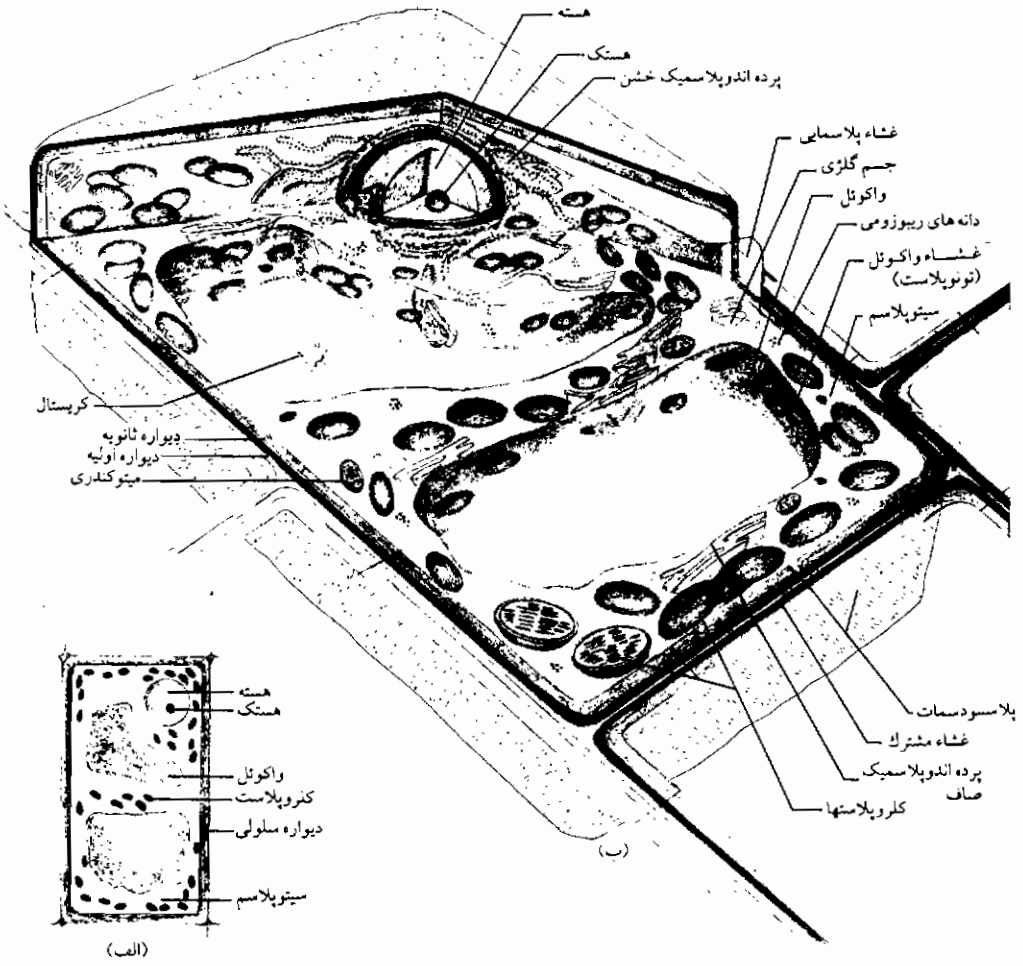
بعضی از یاخته ها قوطی مانند بوده و ۶ وجهی می باشند؛ ولی بسیاری از آنها به شکلهای مختلفی ظاهر می شوند که به مکان و عمل آنها بستگی دارد. بیشترین و فراوانترین یاخته ها که در بخشهای جوانتر گیاه و میوه وجود دارند در ابتدای تشکیل، کم و بیش کروی شکل می باشند؛ لیکن به مروز زمان و فرا رسیدن بلوغ به صورت دستجات به حدّی متراکم می شوند که گاه ممکن است ۱۴ ضلع داشته باشند. آنها در فصل بعد توضیح داده خواهند شد.

همان طور که در ابتدای فصل ۲ نشان داده شد بخش زندهٔ یاخته که درون دیواره قرار دارد پروتوپلاسم نامیده می شود. پروتوپلاسم دارای دو جزء قابل تشخیص است: هسته که کنترل فعّالیتهای یاخته را عهده دار است و سیتوپلاسم که دارای مایع سوپ مانندی است که از آب و ترکیبات محلول در آن و اندامکهای[1] کوچکی (ساختمانهای ثابتی با شکلها و اندازه های مختلف و با اعمال اختصاصی درون یاخته، اکثر آنها لیکن نه همه به وسیلهٔ غشایی احاطه شده اند) تشکیل شده است. اندامکها، جایگاه واکنشهای گوناگونی هستند که درون

1- organelles

یاخته انجام می شود. توضیحات مختصری را در مورد اجزای تشکیل دهندهٔ یاخته در زیر خواهیم داشت. (شکلهای ۴-۳ و ۵-۳ این اجزا را نشان می دهد).

شکل ۴-۳ مقطع سلولهای مزوفیل برگ یك گیاهچهٔ لوبیای سبز که به کمك میکروسکپ الکترونی گرفته شده است. کلفتی دیوارهٔ یاخته ۰/۱ میکرومتر، قطر هسته ۳ میکرومتر و خود یاخته ۱۰ میکرومتر طول دارد (شکل به‌وسیلهٔ واتلی Whatley برداشته شده است).



شکل ۵-۳الف ـ دیاگرام یك یاختهٔ برگ با میکروسکپ‌مرکب؛ ب ـ همان یاخته بزرگ شده تا جزئیات فرامیکروسکپی را نشان دهد. هسته در یاخته بزرگ شده ۱۰ میکرومتر قطر، و خود یاخته حدود ۶۰ میکرومتر طول دارد.

دیوارهٔ سلولی

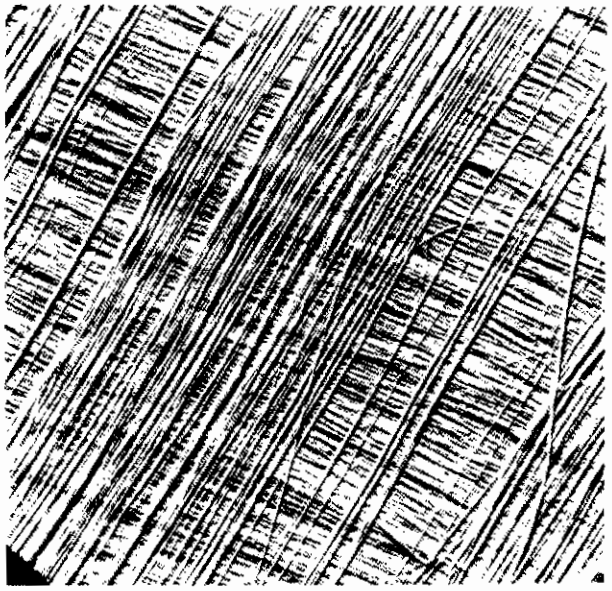
در چهار یا پنج دههٔ قبل یک شعر بود با چند بیت که در آن نام غذاها ذکر می شد. شاعر در انتهای هر بیت چنین گفته «ولی من موز را دوست دارم چون استخوان ندارد»!

براستی موزها و تمام بخشهای گیاهان با جانوران تفاوت دارند چون استخوان یا چیزی که شبیه ساختمان اسکلت داخلی باشد ندارند. لیکن درختان بزرگ دارای شاخه ها و برگهای سنگینی هستند که چندین تن وزن دارند. آنها قادرند این وزن را تحمّل نمایند چون یاخته های بیشتر گیاهان دارای دیوارهٔ سخت یا نیمه سختی است که مانند اسکلت جانوران عمل نموده و باعث استحکام و مقاومت گیاهان می شوند (و همچنین محتوی ظریف یاخته را محافظت می کنند). هنگامی که میلیونها از این یاخته با هم شوند به صورت یک بافت عمل نموده و در این حال استحکام آنها فوق العاده می شود. بزرگترین درختانی که امروزه زنده هستند یعنی جنگلهای قرمز وزن و حجم آنها بمرات از فیل که بزرگترین جانور خشکی می باشد بیشتر است و چوب یک درخت بتنهایی قادر است وزن زیادی را تحمّل نماید.

هنگامی که دیوارهٔ یاخته تازه شکل می گیرد ابتدا یک تیغهٔ میانی که جنس آن پکتین (یک مادّهٔ آلی پیچیده است که باعث سختی ژله میوه ای می شود) است ظاهر می گردد. این تیغهٔ میانی بین دو یاختهٔ مجاور مشترك است و به قدری نازك می باشد که به وسیلهٔ میکروسکپهای نوری معمولی باستثنای مواقعی که رنگ آمیزی مخصوص می شود قابل تشخیص نیست. یک شبکهٔ سلّولزی (ملکولهای درازی که شامل ۱۰۰۰۰ ملکول سادهٔ گلوکز می باشند) در طرفین تیغهٔ میانی رسوب می شود (شکل ۶-۳). ملکولهای سلّولز با هم جمع شده میکروفیبریلها را ایجاد می کنند. میکروفیبریلها به نوبت خود به هم پیچیده ایجاد ماکروفیبریلها را می کنند. ماکروفیبریلها به وسیلهٔ پکتین و ترکیبات مشابه در کنار هم قرار می گیرند و بخش عمده ای از دیواره های سلّولی را تشکیل می دهند.

گاهی سلّولز در دو مرحله رسوب می کند: ابتدا دیوارهٔ اوّلیه؛ سپس دیوارهٔ ثانویّه درون دیوارهٔ اوّلیه. اگر چنین بشود دیوارهٔ ثانویّه بسیار وسیعتر از دو دیواره می باشد. البتّه بستگی به نوع یاخته دارد موادّ دیگری از قبیل قندها و لیگنین (مادّهٔ پیچیده آلی که برای استحکام مکانیکی بیشتر دیواره است) در موادّ دیواره ریخته می شوند. ضخامت دیوارهٔ سلّول نیز متفاوت است، در بعضی نمونه ها تا ۹۵٪ حجم سلّول را اشغال می کند در حالی که در بعضی دیگر بیش از ۵٪ نیست. یاخته هایی که عمل ذخیره و تولید مواد غذایی را انجام می دهند معمولاً دیوارهٔ نازکی دارند. شیره ها و موادّ محلول می توانند نسبتهً سریع

از میان دیوارهٔ سلّول و ازطریق پلاسمودسمات عبور نمایند. پلاسمودسمات، رشته های باریکی از پروتوپلاسم هستند که بین سلّولهای مجاور از میان منافذ کوچک دیواره کشیده شده اند.

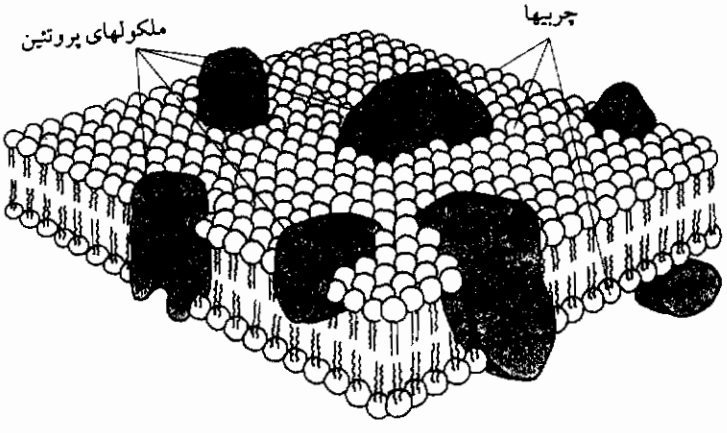


شکل ۶-۳ بخش کوچکی از دیوارهٔ یاخته جلبك سبز کیتومورفا (Chaetomorpha) چگونگی قرارگرفتن میکروفیبریلهای سلّولزی را نشان می‌دهد. هرکدام از میکروفیبریلها از تعداد زیادی ملکول سلّولز ساخته شده است. بزرگ‌نمایی ۲۴۰۰۰ مرتبه. (شکل میکروسکپ الکترونی از Frei و Preston)

پروتوپلاسم ـ غشای پلاسمایی

خارجیترین بخش زندهٔ یاخته، غشای پلاسمایی می باشد که حدود ۸ میلیونیم میلی متر ضخامت دارد. برای این که متوجّه شوید چقدر این رقم کوچک است ۱۲۵۰۰ عدد از این غشا با هم به اندازهٔ ضخامت یک برگ کاغذ معمولی می شوند. بنابراین ساختمان غشا خیلی ظریف است و برای تنظیم و ورود و خروج مواد به درون و بیرون یاخته بوده و همچنین در تولید و نظم سلّولز برای دیوارهٔ یاخته نقش بسیار اساسی دارد. شواهد به دست آمده در دههٔ ۱۹۷۰ نشان

می دهد که غشای پلاسمایی مرکّب از لیپیدهای موزاییک مانند بوده و پروتئینها در سراسر آن پخش می باشند (شکل ۷-۳). در سطح بیرونیتر غشا، پیوندهای کووالانسی کربوهیدراتها را به پروتئینها و لیپیدها متّصل می کند. وقتی که غشای پلاسمایی رنگ آمیزی شود و با میکروسکپ الکترونی یک میلیون برابر بزرگ شود به صورت دو لایهٔ تیره با یک لایهٔ روشنتر بین آنها مشاهده می شود. چنین غشاهایی به صورت «تیره ـ روشن ـ تیره» به عنوان یک واحد غشایی شناخته شده اند. بعضی از پروتئینها در تمام پهنای غشا کشیده شده اند در حالی که بعضی دیگر کمی در آن فرو رفته و یا آزادانه در سطح آن قرار می گیرند. بقیّهٔ محتویات یاخته به واسطهٔ فشار اسمزی غشا را به دیواره وصل می نماید (به فصل ۹ رجوع نمایید). لیکن غشا کاملاً قابل انعطاف است و غالباً چین خورده و ممکن است حبابهای توخالی تشکیل شده که به سَمت درون یاخته شناور شوند. آزمایشات نشان داده که با اضافه نمودن موادّ پاك کننده به واحد غشایی باعث شکسته و پراکنده شدن آن می شود؛ ولی با دور کردن موادّ مزبور واحد غشایی می تواند مجدّداً تشکیل گردد (البتّه ممکن است به صورت ناقص). غشا ممکن است چروك خورده و موقّتاً از دیواره جدا شود؛ ولی با پاره شدن آن یاخته بزودی می میرد.



شکل ۷-۳ مدلی از بخش کوچکی از غشای پلاسمایی که طبیعت موزاییکی آن نشان داده شده است. در اینجا ملکولهای پروتئینی به‌صورت قطعاتی نشان داده شده‌اند (اینها در حقیقت زنجیره های پیچ‌خوردهٔ پلی‌پپتید می‌باشند). پروتئینها، یا در سطح قرار گرفته و یا این‌که فرو رفته در غشا می‌باشند. بعضی از ملکولهای فرو رفته تا آن سوی غشا ادامه دارند. غشا، خود از ۲ لایهٔ لیپید تشکیل گردیده است. یك جفت خط عمودی درونی که از هر لیپید می‌گذرد نمایندهٔ زنجیره‌های طویل اسیدهای چرب می‌باشند. غشا در حدود ۸ نانومتر کلفتی دارد.

شبکهٔ اندوپلاسمی

شبکهٔ اندوپلاسمی (که غالباً بطور اختصار ER نشاند داده می شود) یک سیستم پیچیدهٔ مرکّب از واحدهای غشایی صفحه مانندی است که چین خوردگی پیدا کرده و به صورت کانالهایی در سراسر سیتوپلاسم پراکنده می شوند. مقدار و شکل آن نسبت به یاخته های گوناگون متفاوت است. در مقطع عرضی ER به شکل مجموعه ای از غشاهای موازی دیده می شوند که شباهت زیادی به لوله ها یا کیسه های دراز و باریکی را پیدا می کنند. هسته که فعّالیتهای مختلف یاخته را هدایت می کند به شبکهٔ اندوپلاسمی متّصل است. بسیاری از فعّالیتهای یاخته، یا در سطح ER و یا درون آن صورت می گیرد. ریبوزومها ممکن است در سطح خارجی ER ردیف شده باشند. چنین شبکهٔ اندوپلاسمی که حاوی ریبوزوم می باشد شبکهٔ اندوپلاسمی خشن نامیده می شود که در این حال عمل آن سنتز، ترشّح و ذخیرهٔ پروتئین می باشد (شکل ۸-۳). برعکس شبکهٔ اندوپلاسمی صاف که فاقد ریبوزوم بوده و یا ریبوزوم کمی دارد تنها دخالت در ترشّح لیپید دارد. هر دو نوع شبکهٔ اندوپلاسمی می توانند در یک یاخته وجود داشته باشند. برخی از آنزیمها که در تنفّس یاخته ای دخالت دارند در سطح این شبکه ساخته می شوند. آنها می توانند بدون این که از ER عبور نمایند وارد اندامکهای دیگر بویژه میتوکندری شوند. شبکهٔ اندوپلاسمی همچنین به نظر می رسد محلّ اصلی سنتز غشاهای درون یاخته باشد.

ریبوزومها

بطوری که اشاره شد ریبوزومها ممکن است روی شبکهٔ اندوپلاسمی قرار گیرند (شکل ۸-۳) ولی امکان دارد درون سیتوپلاسم، هسته، کلروپلاستها و دیگر اندامکها به صورت آزاد حضور داشته باشند. ریبوزومها بسیار کوچک هستند. بطور متوسّط قطر آنها در بیشتر یاخته های گیاهی ۲۰ نانومتر است. ریبوزومهای آزاد اغلب به شکل ۵ تا ۱۰۰ تایی دیده می شوند مخصوصاً هنگامی که در حال ساختن زنجیره های اسید آمینه جهت تشکیل ملکولهای بزرگ پروتئین هستند که اساس حیات را تشکیل می دهند. معمولاً ریبوزومها بیضی شکل هستند، اگرچه مشاهدات اخیر با میکروسکپ الکترونی نشان می دهد که سطح آنها متغیّر و پیچیده می باشد. ریبوزومها از دو جزء متشکّل از RNA و پروتئین ساخته شده اند. حدود ۵۵ نوع پروتئین در هر ریبوزوم یاخته پروکاریوت و کمی بیشتر در یاخته های یوکاریوت وجود

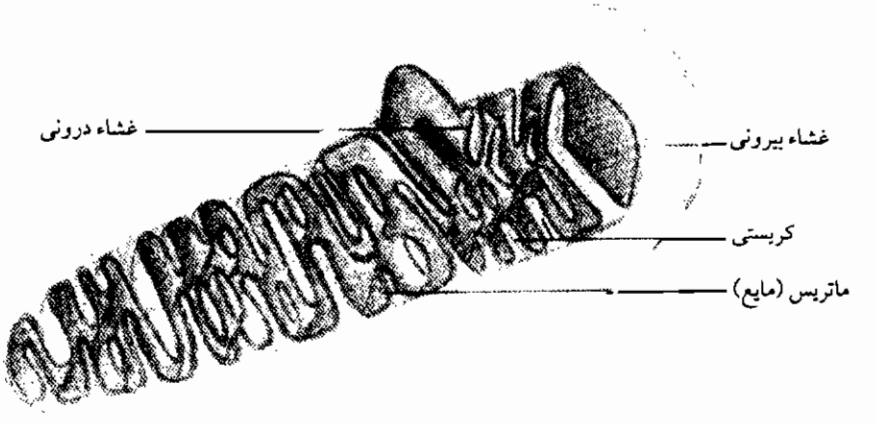
دارد (به توضیح انواع گوناگون RNA در انتهای فصل ۲ مراجعه شود). برخلاف اندامکهای دیگر ریبوزومها به وسیلهٔ غشا احاطه نمی شوند.

شکل ۸-۳ بخش کوچکی از پردهٔ شبکهٔ اندوپلاسمی با ریبوزومهای آن در یك برگ جوان ذرّت (Zea mays) (شکل میکروسکپ الکترونی از Whatley).

میتوکندری

از میتوکندری غالباً به عنوان نیروگاه یاخته یاد می شود چون درون آنهاست که ملکولهای آلی طیّ مراحل تنفّسی انرژی خود را آزاد می نمایند (نقش میتوکندری در تنفّس، بیشتر در فصل ۱۰ توضیح داده شده است). این انرژی برای فعّالیت حیاتی یاخته ها و بطور کلّی گیاه لازم است. میتوکندریهای درون یاخته، بسیار زیاد و کوچکند، درازی آنها بین ۱ تا ۳ میکرون، و قطرشان در حدود ۰/۵ میکرون می باشد. بنابراین، آنها با میکروسکپ نوری به زحمت دیده

می شوند. میتوکندریهای درون یاخته دارای حرکت ثابتی بوده و هنگامی که یاخته به انرژی نیاز دارد به صورت گروههای متراکم ظاهر می شوند. میتوکندریها می توانند تقسیم شده و یا با هم ترکیب شوند. در حقیقت همهٔ میتوکندریها، از تقسیم میتوکندری موجود در یاخته حاصل می شوند. در مقطع طولی میتوکندری شبیه هندوانه ای می ماند که بیشتر محتوای آن با قاشق خالی شده و دورن آن از حفره ها تشکیل شده که دیواره های آنها عمود بر سطح ریخته شده است (شکل ۹-۳). میتوکندری به وسیلهٔ دو واحد غشایی احاطه شده است، غشای درونی دارای یک سری از صفحاتی است که چین خوردگی پیدا نموده و کریستی نامیده می شود و بدین وسیله سطح خود را جهت پذیرش آنزیمهای موجود در مادّهٔ ماتریس افزایش داده است. این مادّه زمینه ای بنام ماتریس، محتوی DNA و RNA ، ریبوزوم، پروتئین و موادّ محلول دیگر است.



شکل ۹-۳ یك میتوکندری که بسیار بزرگ و مقطع داده شده تا کریستی را نشان دهد (کریستی تاخوردگی غشای درونی است). یك میتوکندری حدود ۲ میکرومتر طول دارد.

دستگاه گلژی (دیکتیوزومها)

دستگاه گلژی، واژه ای است که برای تمام اجسام گلژی یا دیکتیوزومهای یاخته به کار می رود (شکل ۱۰-۳). این واژه بیشتر برای یاخته های گیاهی استفاده می شود که ممکن است

تا چند صد دیکتیوزوم داشته باشند. آنها به صورت گروهی از کیسه های پهن و تا حدّی گرد تشکیل شده و غالباً به وسیلهٔ لوله های منشعبی که از شبکهٔ اندوپلاسمیک منشأ می گیرند احاطه می شوند؛ لیکن مستقیماً به آنها وصل نمی باشند. در یاخته های زنده، تعدای از اجسام گلژی پراکنده می باشند. کیسه ها معمولاً در گروههای ۳ تا ۸ تایی هستند؛ لیکن در موجودات ساده تر ممکن است تا ۳۰ عدد یا بیشتر یافت شوند.

ملکولهای پیچیدهٔ هیدراتهای کربن (پلی ساکاریدها) درون دستگاه گلژی ساخته شده و در داخل وزیکولهای کوچک (شبیه تاولهای کوچک) انباشته می شوند. این وزیکولها به غشای پلاسمایی یا دیگر بخشهای یاخته مهاجرت کرده و در آن جا محتویات خود را خارج می کنند و خود نیز ممکن است به دیواره متّصل شوند. آنزیمهایی که جهت بسته بندی این مراد لازم است در دیکتوزومها وجود داشته و یا در خود دستگاه سنتز می شوند. یک جسم گلژی ممکن است به عنوان مرکز جمع آوری، بسته بندی و انتقال، تعبیر شود.

تکل ۱۰-۳ یک جسم گلژی (دیکتیوزوم) در یک یاختهٔ سرخس مادرزبان (میکروسکپ الکترونی از Juniper).

پلاستها

در یاخته های زنده، معمولاً چند نوع پلاست یافت می شود که مشخّصترین آنها کلروپلاست (شکل ۱۱-۳) است که در موجودات سبز یافت می شود. کلروپلاستها دارای شکلها و اندازه های متنوّعی هستند مانند کلروپلاست نواری پیچان و زیبای اسپیروژیر (شکلهای ۳-۱۰ و ۱۱-۱۷) و کلروپلاست حلقه ای اولوتریکس (شکل ت ۱-۱۷)؛ ولی کلروپلاست گیاهان عالی شبیه دو فریزبی است که از حواشی به هم متّصل شده باشند (عدسی شکل) و اگر از وسط دو نیمه شوند شکل یک توپ فوتبال* را خواهند داشت.

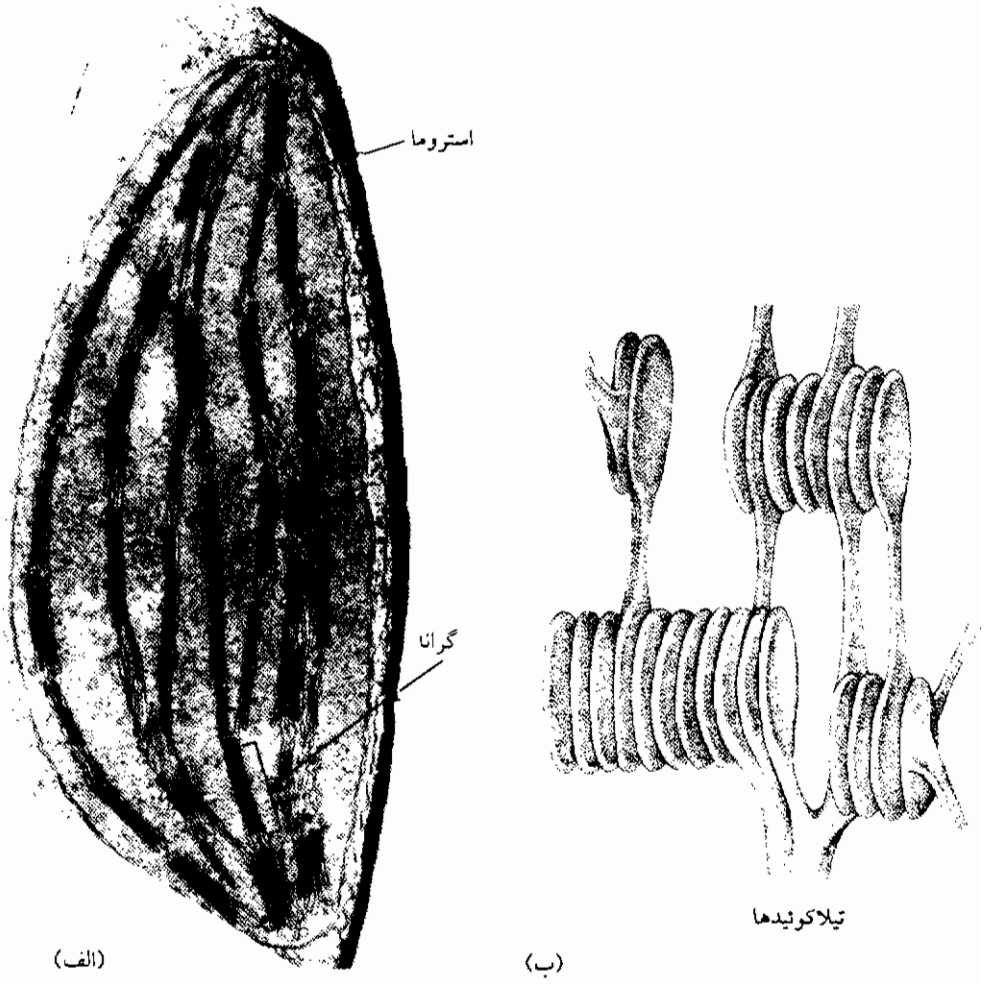
اگرچه تعدادی از جلبکها و همچنین تعداد کمی از گیاهان سبز تنها ۱ تا ۲ کلروپلاست در هر یاخته دارند؛ ولی در یاخته های سبز گیاهان عالی معمولاً تعداد آنها خیلی بیشتر است. در گیاهان تعداد معمول کلروپلاست بین ۷۵ تا ۱۲۵ است؛ ولی در بعضی از گیاهان تعداد آن به صدها عدد هم می رسد (برای هر یاخته). کلروپلاست دارای قطری بین ۲ تا ۱۰ میکرون بوده و به وسیلهٔ دو واحد غشایی احاطه شده است. غشای بیرونی ظاهراً از شبکهٔ اندوپلاسمی مشتق شده و غشای درونی از غشای باکتری سبز ـ آبی (فصل ۱۶). کلروپلاست دارای مایع ماتریس زمینهٔ بی رنگی است بنام استروما که حاوی آنزیمها می باشد. بیشتر فعّالیتهای کلروپلاست به وسیلهٔ ژنهای هسته دیکته شده ولی هر کلروپلاست دارای یک ملکول DNA حلقوی می باشد که قادر است بعضی از فعّالیتهای فتوسنتز و یا فعّالیتهای درونی دیگر را کُد نماید.

گرانا (مفرد آن گرانوم است)[1] که به صورت مجموعه ای از صفحات سکّه مانند دو غشایی بنام تیلاکوئید[2] (شکل ب ۱۱-۳) است که در استروما معلّق می باشند. غشاهای تیلاکوئیدها دارای کلروفیل سبز و دیگر رنگدانه ها می باشند. این صفحات سکّه مانند همان طور که می دانیم دارای اهمّیت بسزایی هستند، زیرا درون تیلاکوئیدها اوّلین مرحله عمل مهمّ فتوسنتز (به فصل ۱۰ رجوع شود) صورت می گیرد. در فتوسنتز گیاهان سبز، آب و دی اکسید کربن (از هوا) به کمک انرژی خورشیدی به موادّ غذایی ساده تبدیل می شود. بنابراین، حیات انسانها و زندگی جانوران دیگر، به فعّالیت کلروپلاستها وابسته می باشد.

---

* در این جا منظور توپ فوتبال آمریکایی است که بیضوی می باشد (مترجم)

1- (granum) Grana 2- Thylakoid



شکل ۱۱-۳ الف ـ یك کلروپلاست یاختهٔ یك برگ نخود سبز. کلروپلاست حدود ۵ میکرومتر طول دارد. ب ـ تیلاکوئیدها که در حدود ۲۵ نانومتر قطر دارند (شکل میکروسکپ الکترونی الف از Whatley) (شکل الکترونی ب از Weier ، Bisalputra و Harrison).

درون هر کلروپلاست معمولاً ۴۰ تا ۶۰ گرانوم وجود دارد که به وسیلهٔ بازوهایی به هم متّصلند، و هر گرانوم ممکن است دارای ۲ یا ۳ و گاهی تا ۱۰۰ تیلاکوئید باشد (شکل ۱۱ . ۳).

درون استروما ۴ تا ۵ دانه نشاسته به همراه دانه های چربی و آنزیمهای دیگر یافت می شود. علاوه بر ملکول DNA استروما نیز مانند مایع زمینه ای میتوکندری حاوی ریبوزوم نیز می باشد.

نوع دیگر پلاست که در یاخته های بعضی گیاهان یافت می شود **کروموپلاست** می باشد. اگرچه کروموپلاستها به اندازهٔ کلروپلاستها هستند؛ ولی ازنظر شکل با آنها تفاوت دارند و غالباً زاویه دار می باشند. کروموپلاستها در اثر تغییرات درونی از کلروپلاستها به وجود می آیند مانند از بین رفتن کلروفیل. کروموپلاستها به واسطهٔ داشتن رنگدانه های کاروتنوئید به رنگهای زرد، نارنجی یا قرمز هستند. کروموپلاست در بخشهای زرد، نارنجی و بعضی اوقات قرمز گیاه نظیر گوجه فرنگی رسیده، فلفل قرمز و گلبرگهای گل بفراوانی وجود دارد.

لوکوپلاستها سومین نوع پلاست در گیاهان عالی است که بی رنگ می باشد. لوکوپلاستها شامل آمیلوپلاست و اولئوپلاست بوده که به ترتیب سنتز نشاسته و چربی را عهده دارند. چنانچه بعضی از لوکوپلاستها در مجاورت نور قرار گیرند به کلروپلاست تبدیل می شوند و بالعکس.

انواع پلاستها از پیش پلاستها (اندامکهای کوچک با رنگ سبز کمرنگ و ازنظر اندازه و شکل تقریباً مشابه میتوکندری) ایجاد می شوند. این پیش پلاستها، از پلاستها ساده تر بوده و دارای تیلاکوئیدهای کمی می باشند که به صورت گرانومها مرتّب نشده اند. پیش پلاستها معمولاً تقسیم شده و در یاخته پخش می شوند. هنگامی که یاخته تقسیم می شود هرکدام از یاخته های جوان سهم یکسانی از پیش پلاستها می برند. پلاستها همچنین ممکن است از تقسیم پلاستهای بالغ ایجاد شوند.

میکروتوبولها و میکروفیلامنها

میکروتوبولها، غیر منشعب، باریک و توخالی بوده، با ساختمان لوله ای متشکّل از پروتئین هستند، طول آنها متفاوت بوده و معمولاً بین ۱۵ تا ۲۵ نانومتر می باشد. میکروتوبولها بیشتر در قسمت درونی نزدیک غشای پلاسمایی متمرکزند جایی که افزایش سلّولز دیواره را کنترل می نمایند. عمل دیگر میکروتوبولها شامل راندن و زیکولهایی که حاوی ترکیبات دیوارهٔ سلّول بوده و به وسیلهٔ دیکتیوزومها سنتز می شوند به سمت دیوارهٔ یاخته و همچنین کمک به حرکت تاژك و مژك در بعضی از یاخته های تاژك دار یا مژك دار (به قسمت حرکت در گیاه فصل ۱۱ رجوع شود). میکروتوبولها همچنین در دوکها و صفحات تقسیم یاخته های در حال

تقسیم مشاهده می شوند که بعداً در همین فصل توضیح داده خواهد شد. میکروفیلامنها تقریباً در تمام یاخته ها به صورت فیلامنهای پروتئینی یافت می شوند و قطر متوسّط آنها حدود ۶ نانومتر می باشد. آنها معمولاً به صورت دستجات بوده و در جریانات سیتوپلاسمی دخالت دارند (بعداً توضیح داده خواهد شد). میکروفیلامنها همچنین در انقباضات و حرکات یاخته در جانوران پر یاخته نقش اساسی دارند. میکروتوبولها و میکروفیلامنها با هم یک اسکلت قابل ارتجاع را درون سیتوپلاسم تشکیل می دهند.

هسته

هسته، آشکارترین اندامک یاخته های زنده است. اگرچه در یاخته های گیاهان سبز هنگامی که با میکروسکپ نوری مشاهده می شوند ممکن است به واسطهٔ حضور کلروپلاست واضح نباشد. در یاخته های بدون کلروپلاست ممکن است به رنگ خاکستری و به اَشکال کروی یا بیضی باشد و غالباً در مجاور غشای پلاسمایی و در یک سَمت یاخته قرار می گیرد. بعضی از هسته ها دارای اَشکال نامنظّمی هستند و همچنین می توانند اختلاف زیادی ازنظر اندازه با هم داشته باشند، ولی معمولاً قطر آنها بین ۲ تا ۱۵ میکرون و یا بیشتر می باشد. بعضی از قارچها و جلبکها که دارای یاخته های دراز و منشعب ریسه مانند می باشند، ممکن است دارای چندین هسته باشند؛ ولی بیشتر گیاهان پیشرفته دارای یک هسته درون سیتوپلاسم زنده خود می باشند.

هسته، مرکز کنترل یاخته بوده و تا حدودی نظیر یک مرکز برنامه ریزی کامپیوتری DNA و همچنین به صورت مرکز مخابرات عمل می کند. بقیّهٔ اجزای یاخته پیامهای کُد شده و دستورالعمل را از هسته می گیرند و ملکولهایی را که خواسته شده، از موادّ خام جفت و جور می کنند. این موادّ خام، یا ازطریق خاك جذب شده و یا از مکانهای دیگر برگشت داده می شوند. **هسته** نه تنها دهها واکنش یاخته را هدایت می کند بلکه به عنوان محلّ ذخیرهٔ اطّلاعات وراثتی است که هنگام تقسیم از یاخته ای به یاختهٔ دیگر منتقل می شوند.

هر هسته به وسیلهٔ دو واحد غشایی بنام پوشش هسته احاطه شده، و عقیده براین است که پس از تقسیم هسته این غشا از شبکهٔ اندوپلاسمی ایجاد می شود. منافذی که ازنظر ساختمانی پیچیده بوده و حدودد ۵۰ تا ۷۰ نانومتر با هم فاصله دارند در حدود $\frac{1}{3}$ سطح کل غشا را اشغال نموده اند (شکل ۱۲-۳). پروتئینها که به عنوان کانالی برای ملکولها عمل می کنند درون منافذ

فرو رفته اند و ظاهراً اجازهٔ ورود به ملکولهای خاصّی را می دهند (به عنوان مثال، پروتئینها به درون و RNA به بیرون هسته انتقال می یابد).

شکل ۱۲-۳ غشای هسته در هستهٔ یاختهٔ جنین دانه جو که در آن منافذ هسته نشان داده شده است. بزرگ‌نمایی ۳۰۰۰ مرتبه. (شکل میکروسکپ الکترونی از Platt-Aloia).

درون غشا، مایع دانه داری بنام نوکلئوپلاسم وجود دارد که از جهت فقدان ریبوزوم، با سیتوپلاسم اختلاف دارد. نوکلئوپلاسم دارای الیافی است به قطر ۱۰ نانومتر، و همچنین اجسام بزرگتر دیگری درون آن معلّق هستند. مشخّترین جسم هسته، هستک است که ظاهری شبیه یک هستهٔ کوچک دارد. هر هسته ممکن است از یک تا چند هستک داشته باشد. هستکها به وسیلهٔ غشا احاطه نشده و از پروتئین ساخته شده اند. هستکها در سنتز RNA ریبوزومی نقش داشته (رجوع شود به فصل ۲) که به خارج هسته هدایت شده و با پروتئینها ایجاد ریبوزومها را می کنند.

دیگر ساختمانهای مهم هسته که با میکروسکپ نوری قابل رؤیت نیست مگر این که یاخته رنگ آمیزی شود و یا در حال تقسیم باشد، رشته های کروماتین هستند. هنگامی که هسته تقسیم می شود رشته های کروماتین کوتاهتر و ضخیمتر شده و در چنین حالتی به آنها کروموزوم گفته می شود. کروماتین، از پروتئین و DNA ساخته شده است (فصل ۲). هرگونه ای از گیاه یا جانور، تعداد ثابتی کروموزوم دارد. در تولید مثل جنسی یاخته ها نیمی از کروموزومهای خود را از یاخته های یک موجود و نیمی دیگر را از موجود مشابه دیگری دریافت می کنند. تعداد کروموزومهای موجود در هسته، ارتباطی با اندازه و پیچیدگی موجود ندارد. به عنوان مثال، هر یاختهٔ تربچه ۱۸ کروموزوم در هسته دارد؛ در حالی که هر یاخته یک علف هرز موسوم به علف هرز طلایی ۴ کروموزوم، و هر یاختهٔ سرخس مارزبان بیش از هزار کروموزوم دارد.

اندامکهای دیگر

اجسام مختلف کوچکی در سراسر سیتوپلاسم پراکنده بوده و به آن حالت دانه دانه ای می دهند. چنین اجسامی نظیر اندامکهای کروی بنام میکروبادی هستند که محتوی آنزیم هستند و به وسیلهٔ یک غشای یک لایه ای احاطه می شوند. بعضی میکروبادیها دارای آنزیمهایی می باشند که در مراحل فتوسنتز و تنفّس نوری کاربرد دارند (به فصل ۱۰ رجوع شود) و همچنین دیگر میکروبادیها محتوی آنزیمهای دیگری هستند که به تبدیل چربیها به قند کمک می کند. قبلاً تصوّر می شد دانه های ریز لیپید، چربی یا موم که در سیتوپلاسم متداولند دارای غشا باشند و لذا *اسفروزوم*[1] نامیده می شدند؛ لیکن برطبق شواهد اخیر، این میکروبادیها دارای غشا نبوده و بنابراین اندامکهای حقیقی محسوب نمی‌شوند. یک اندامک دیگر بنام لیزوزوم محلّ ذخیره آنزیمها

1- Spherosome

بوده و برای هضم پروتئینها و ملکولهای درشت دیگر است؛ لیکن ظاهراً منحصر به یاخته های جانوری است. فعّالیت لیزوزوم شبیه واکوئلهای یاختهٔ گیاهی است که توضیح داده خواهد شد.

واکوئلها

تا ۹۰ درصد حجم یک یاخته بالغ گیاهی ممکن است به وسیلهٔ یک یا دو واکوئل درشت اشغال شود. واکوئلها توسّط غشاهای واکوئلی بنام تونوپلاست احاطه شده اند. تونوپلاست، قسمت درونی واکوئل را از بخش زنده یاخته جدا می سازد و ازنظر عمل و ساختمان شبیه غشای پلاسمایی است.

واکوئل بدین جهت به این نام نامیده شده زیرا فکر می شد که اینها فضاهای خالی هستند، از این رو واکوئل از ریشهٔ لاتین Vacuum گرفته شده (Vacuus به معنی خالی). ولی واکوئلها پر از مایعی بنام شیرهٔ یاخته هستند که معمولاً کمی یا بطور قابل ملاحظه ای اسیدی می باشند و در نگاهداری فشار درونی یاخته نقش دارند (به بحث اسمز فصل ۹ رجوع شود). شیرهٔ یاخته محتوی ترکیبات محولی نظیر نمکها، قندها، اسیدهای آلی و مقادیر کمی پروتئنهای محلول می باشد. همچنین دارای رنگدانه های محلول در آب بنام آنتوسیانین است. آنتوسیانینها باعث رنگهای قرمز ـ آبی و ارغوانی گلها، و گاهی رنگ قرمز برگها می شوند. آنتوسیانین گاهی در نتیجهٔ دمای پایین در فصل پاییز به مقدار زیادی متراکم می شود. ولی اینها نبایستی با رنگهای قرمز، نارنجی رنگدانه های کارتنوئید که درون کروموپلاستها می باشند اشتباه شوند. رنگدانه های کاروتنوئید به هیچ وجه در آب محلول نیستند. کاروتنهای زرد رنگ در رنگ برگهای پاییزی نیز نقش دارند (به فصل ۷ رجوع شود).

گاهی کریستالهای بزرگ در نتیجهٔ متراکم شدن بعضی از محصولات زاید درون یاخته و برخی یونها درون واکوئلها متمرکز می شوند. در ابتدای تشکیل یاخته واکوئلها کوچک و متعدّد است لیکن با بلوغ و تمایز یاخته بزرگ شده و به هم می پیوندند. علاوه بر متراکم شدن مواد مختلف و یونها که ذکر شد، واکوئلها در به چرخش در آوردن بعضی موادّ درون یاخته و حتّی در انهدام و تجزیهٔ برخی اندامکها نظیر میتوکندریها و پلاستها نقش دارند.

یاخته های یوکاریوت، در مقایسه با یاخته های پروکاریوت

تقریباً یاخته های تمام گیاهان و جانوران عالی دارای بیشتر از خصوصیاتی هستند که توضیح داده شده ولی یاخته های بعضی از موجودات ابتدایی فاقد تعدادی از این ویژگیها هستند، (مثل غشای هسته و اندامکها). چنین یاخته هایی پروکاریوت گفته می شوند. آنها با نداشتن اندامکهایی نظیر میتوکندری و پلاست از یاخته های یوکاریوت متمایز می شوند. یاخته های پروکاریوت احتمالاً منشأ پلاستها، میتوکندریها و اندامکهای دیگرند. این ویژگی و دیگر خصوصیات در فصل ۱۶ توضیح داده خواهد شد.

سیکلوز

در یاخته های زنده سیکلوز یا جریان سیتوپلاسمی صورت می گیرد. وقتی که یک موجود زنده زیر میکروسکپ نوری مشاهده می شود اندامکهای آن ممکن است در حال حرکت باشند؛ چه جریان پروتوپلاسمی آنها را با خود به اطراف و درون یاخته می راند. این جریان احتمالاً تبادل مواد را درون یاخته ساده می کند؛ و همچنین در حرکت مواد از یاخته به یاخته دیگر نقش دارد. طبیعت و منشأ سیکلوز هنوز دقیقاً شناخته نشده است، لیکن شواهدی مبنی بر این که دسته هایی از میکروفیلامنها عامل این حرکت باشند وجود دارد. شواهد دیگری نیز مبنی بر این که انتقال موادّ یاخته به وسیلهٔ میکروتوبولها انجام می شود نیز هست.

تولید مثل یاخته

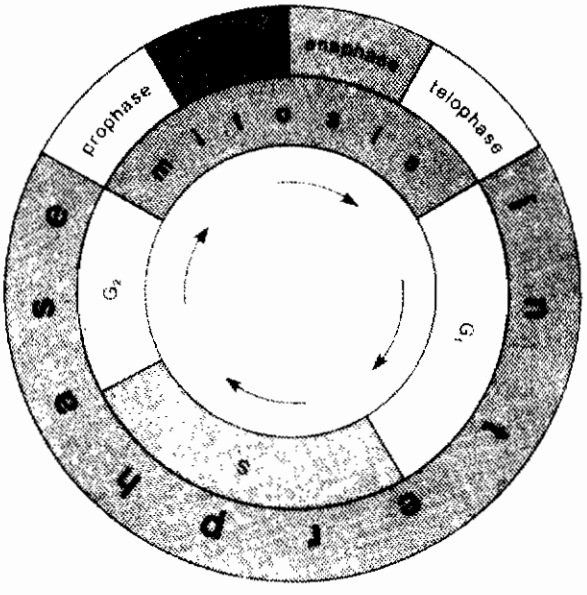
چرخهٔ یاخته

هنگامی که یاخته ها تقسیم می شوند از یک سری پدیده های شناخته شده بنام چرخهٔ یاخته عبور می کنند (شکل ۱۳-۳). این چرخه معمولاً به انترفاز و میتوز تقسیم می شود، که میتوز خود شامل ۴ مرحله است. طول چرخهٔ یاخته بستگی به نوع موجود زنده، نوع یاخته، دما و دیگر عوامل محیطی دارد. بیشتر اوقات در هر صورت انترفاز ممکن است ۹۰ درصد از چرخهٔ یاخته را اشغال نماید.

انترفاز

یاخته های زنده ای که در حال تقسیم نیستند گفته می شود در انترفاز قرار دارند (به شکل

۴-۲ رجوع شود). کروموزومها در این مرحله به وسیلهٔ میکروسکپ نوری قابل رؤیت نیستند. تاکنون ما از این چنین یاخته هایی صحبت می کردیم.



شکل ۱۳-۳ دیاگرام چرخهٔ یك یاخته.

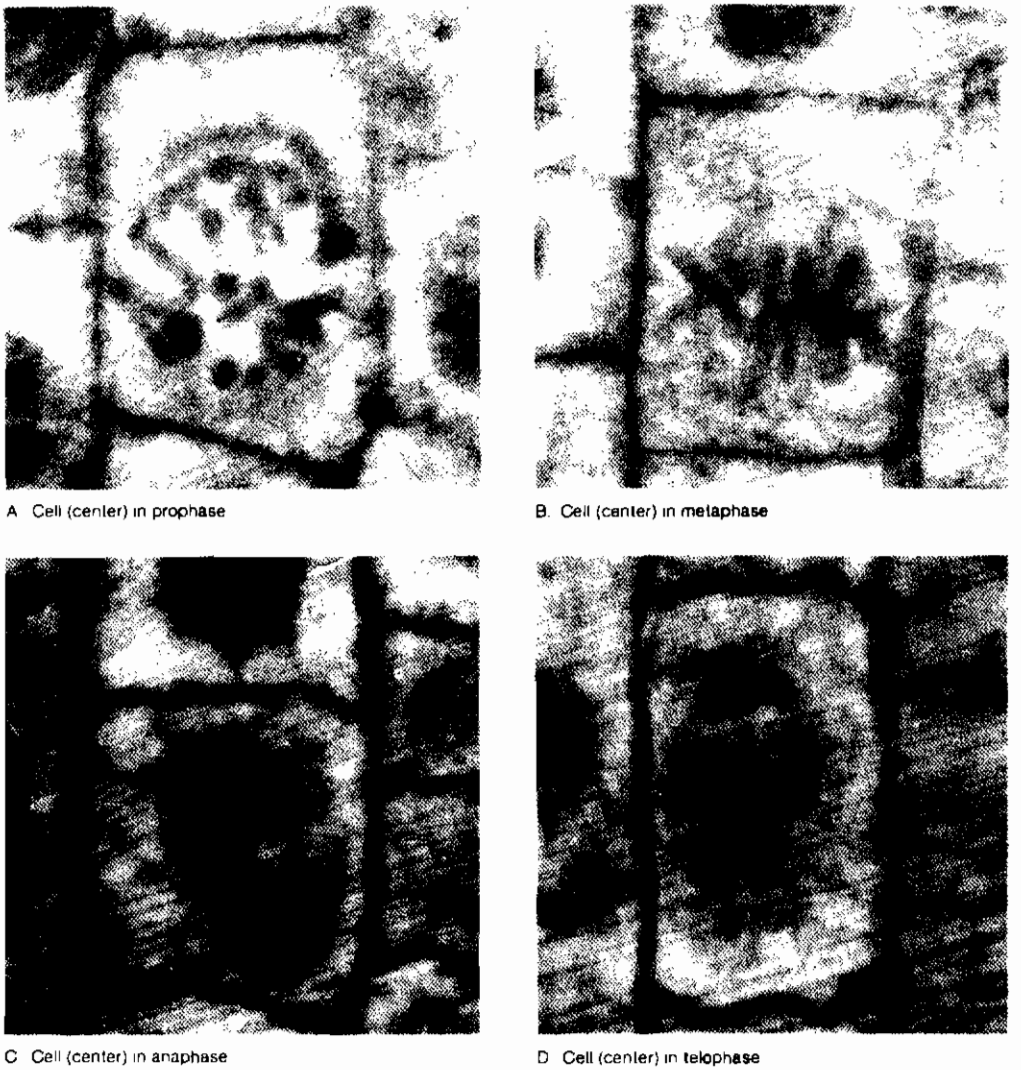
سالها تصوّر براین بود که یاخته های نابالغی که تقسیم نمی شوند در مرحلهٔ استراحت به سر می برند، ولی امروزه می دانیم که در انترفاز سه دوره فعّالیت یکی پس از دیگری صورت می گیرد. بلافاصله بعد از تقسیم هسته یک دوره نسبتاً طولانی (G_1) شروع می شود. در مرحلهٔ G_1 موادّی که مرحلهٔ بعدی (S) را تحریک نموده یا باز می دارد تولید می شود. در مرحلهٔ S پدیدهٔ مشخّص همانندسازی (مضاعف شدن) انجام می شود. جزئیات این مرحله و ساختمان DNA در فصل ۲ توضیح داده شده است. مرحله نهایی انترفاز (G_2) می باشد که شامل تقسیم میتوکندریها و دیگر اندامکها و ساختن مواد و ساختمانهایی (نظیر میکروتوبولها) که مستقیماً با میتوز در ارتباطند می باشد. پیچ خوردن و انقباض کروموزومها در طیّ G_2 شروع می شود.

میتوز

تمام موجودات زنده، حیات خود را از یک یاخته شروع می کنند. البتّه این یاختهٔ اوّلیه فوراً تقسیم را شروع نموده و یاخته های جدیدی را تولید می کند. این یاخته ها نیز به نوبت خود تقسیم شده و یاخته های بیشتری را تولید می کنند. پدیدهٔ تقسیم را **میتوز** نامند (شکل ۱۴-۳). DNA و موادّ دیگر بین دو یاختهٔ دختر (Daughter cells) بطور یکسان تقسیم می شود. این تقسیم حدّاقل در بخشهایی از موجود ادامه دارد تا مرگ او فرا رسد. میتوز منحصراً به تقسیم هسته مربوط است ولی تقسیم بقیّهٔ یاختهٔ سیتوکینز (تقسیم سیتوپلاسمی) گفته می شود که همراه با میتوز انجام گرفته و یا متعاقب آن صورت می گیرد. در این جا هر دو پدیده توضیح داده می شوند.

در گیاهان عالی مثل بازدانگان و گیاهان گلدار تقسیم میتوز در مناطق یا بافتهای خاصّی بنام مریستم صورت می گیرد (شکل ۱-۴). مریستمها را در رأس ساقه یا ریشه و همچنین به شکل بافت استوانه ای منشعبی که لایهٔ زاینده چوب آبکش نامیده می شود (برای ساده تر شدن به آن **کامبیوم** هم گفته می شود) و درون بعضی از ساقه ها و ریشه ها به فاصلهٔ کوتاهی از سطح قرار می گیرد. در تعدادی از گیاهان علفی و بیشتر گیاهان چوبی مریستم دیگری شبیه کامبیوم در فاصلهٔ بین پوست خارجی و کامبیوم ایجاد می شود. این مریستم کامبیوم چوب پنبه نامیده می شود. این بافتهای مخصوص در بخشهای ۴ و ۵ و ۶ توضیح داده خواهد شد.

هنگامی که تقسیم میتوز رخ می دهد هیچ تفاوتی ندارد که چه تعداد کروموزوم در هسته وجود دارد. یاخته های دختر که در نتیجهٔ این نوع تقسیم ایجاد می شوند دقیقاً عدد کروموزومی یاخته والد را دارا می باشند. این مرحله به صورت یک پدیده و جریان غیرقابل انقطاع از ۵ دقیقه تا چندین ساعت به طول می انجامد؛ لیکن معمولاً بین سی دقیقه تا ۲ و ۳ ساعت طول می کشد. این تقسیم که با تشکیل میکروتوبولهای پیش پروفاز در زیر غشاء پلاسمایی به صورت حلقه آغاز می شود مصنوعاً برای سهولت به چهار مرحله تقسیم می شود. در زیر توضیحات مراحل را بطور کامل می بینیم.



A Cell (center) in prophase

B. Cell (center) in metaphase

C Cell (center) in anaphase

D Cell (center) in telophase

شکل ۱۴-۳ مراحل تقسیم میتوز در یاخته‌های نوک ریشهٔ پیاز. این کروموزومها حدود ۴ میکرومتر طول دارند. (شکل میکروسکپی از Ellmore).

پروفاز

اتّفاقات مهمّی که در پروفاز (شکل الف ۱۴-۳) صورت می گیرد عبارتند از : ۱ - کوتاه و ضخیم شدن کروموزومها و ظاهر شدن آنها به شکل دوبله ؛ ۲ - از بین رفتن هستک و غشای پلاسمایی . مدّت زمان پروفاز تقریباً برابر مجموع ۳ مرحلهٔ دیگر می باشد . علامت شروع این مرحله ظاهر شدن کروموزومها به صورت رشته های نازك و دراز درون هسته می باشد . این کروموزومها بتدریج پیچ خوردگی پیدا نموده و به شکل ساختمانهای کوتاه و ضخیم در آمده ، بعد از مدّت کوتاهی دو رشته که هریک کروماتید نامیده می شوند در کروموزومها قابل تشخیص می باشند . کروماتیدها خود نیز مستقلاً پیچ خورده هستند . این رشته های پیچ خورده به صورت فشرده و متراکمی ظاهر شده و حالت میله ای پیدا می کنند . کروماتیدها در نقطه ای بنام سانترومر به هم متّصل می باشند .

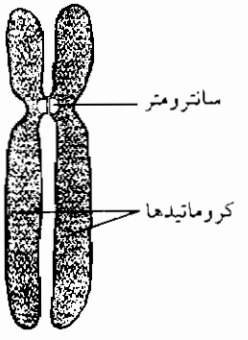
سانترومرها در محلّ فشرده و منقبضی از کروموزوم قرار می گیرند (شکل ۱۵-۳) . یک دانهٔ متراکم بنام کینه توکور[1] که رشته های دوك به آن متّصل می شوند در نزدیک هر سانترومر قرار دارد . با میکروسکپهای نوری سانترومرها به صورت ساختمان منفردی ظاهر می شوند ؛ امّا در حقیقت در مرحلهٔ G_2 انترفاز آنها مضاعف شده و تنها به شکل یک واحد عمل می نمایند . سانترومرها می توانند تقریباً در هر مکان از کروموزوم قرار گیرند ، ولی تمایل دارند در یک انتها قرار گیرند . اگر چنین شود حالت گره مضاعف را پیدا کرده و به آنها ماهواره می گویند . نقطهٔ انقباضی در انتهای ماهواره نقش بخصوصی ندارد ، لیکن حضور ماهواره برای شناسایی کروموزومهای خاص در هسته مفید می باشد .

با پیشرفت پروفاز هستک تدریجاً غیرمشخّص شده تا نهایةً ناپدید می گردد . در پایان پروفاز میکروتوبولها (بنام رشته های دوك) به صورت هلالهایی بین دو قطب غیرمشخّص یاخته که در دو انتها قرار گرفته اند گسترش می یابد . رؤوس دوکها در محلّ قطبها محکم می شوند و دوکهای دیگری از محلّ هر سانترومر رشد کرده تا نوك آنها به قطبها می رسد . در انتهای پروفاز غشای هسته در شبکهٔ اندوپلاسمی جذب شده و بکلّی ناپدید می شود .

در موجودات زندهٔ ساده تر مانند قارچها و جلبکها و همچنین در کلّیهٔ جانوران در سیتوپلاسم یاخته که بلافاصله خارج از هسته قرار گرفته اندامکهای میله ای شکل کوچکی

1- Kinetochore

بنام سانتریول وجود دارند. سانتریولها به وسیلهٔ میکروتوبولها به شکل شعاعی احاطه شده اند و به صورت اجسامی شبیه ستاره مشاهده می شوند. در شروع پروفاز ستاره (آستر) به دو قسمت تقسیم شده، یکی از آنها در جای اوّلش مانده، ولی دیگری به قطب مخالف مهاجرت می نماید. سانتریولها و آسترها در یاخته های گیاهان پیشرفته مشاهده نگردیده است.



شکل ۱۵-۳ بخشهای یك کروموزوم.

متافاز

مهمترین خصوصیّت این مرحله این است که کروموزومها به صورت حلقهٔ درون یاخته ردیف می شوند (شکل ب ۱۴-۳). این حلقه ها نسبت به رشته های دوك تقریباً حالت عمودی دارند مانند خطّ استوای کرهٔ زمین.

همان طور که در بحث پروفاز اشاره شد رشته های دوك بعد از ناپدید شدن غشای هسته در محلّ هسته دیده می شوند. آنها مشابه یک دوك نخ ریسی می مانند که اطراف آن از نخهای نازك تشکیل شده است. الیاف را در مجموع **دوك** نامند. کروموزومها در مرکز یاخته طوری آرایش پیدا می کنند که سانترومرهای آنها بر روی یک صفحهٔ افقی در وسط یاخته قرار می گیرند. این صفحهٔ دایره ای نامرئی که صفحه استوایی نامیده می شود مشابه استوای زمین می باشد. در پایان متافاز سانترومرها از درازا شکافته می شوند.

آنافاز

ویژگی اصلی آنافاز این است که کوتاهترین مرحله محسوب می شود. در این مرحله

دو کروماتید هر کروموزوم جدا شده و به قطبهای مخالف کشیده می شوند (شکل پ ۱۴-۳).

تا پایان متافاز دو کروماتید هر کروموزوم در محلّ سانترومر به هم متّصلند. آنافاز با جدایی و انتقال کروماتیدهای هر کروموزوم به قطبین شروع می شوند. کروماتیدها که بعد از جدایی سانترومرشان کروموزومهای دختر نامیده می شوند در نتیجهٔ کوتاه شدن تدریجی الیاف به قطبین منتقل می شوند. کوتاه شدن رشته های دوك، نتیجهٔ جدا شدن تدریجی مواد از قطبین دوك می باشد. اگر سانترومر در مرکز کروموزومهای دختر قرار داشته باشد با کشیده شدن آن در جلو کروموزومها به شکل V در آمده و با همین حالت در سیتوپلاسم کشیده می شوند. تمام کروموزومها در یک زمان جدا شده و حرکت می نمایند. اگرچه آزمایشات نشان داده است که چنانچه الیاف متّصل به سانترومر آسیب ببیند کروموزوم به قطب کشیده نخواهد شد، آزمایشهای دیگر نشان داده اند حتّی اگر دوکی هم وجود نداشته باشد کروموزومها جدا شده ولی به قطب منتقل نمی شوند. نیرو یا نیروهایی که با پدیدهٔ اخیر درگیر هستند هنوز مشخّص نشده است.

تلوفاز

ویژگیهای اصلی تلوفاز (شکل ت ۱۴-۳) عبارت است از: ۱- هر گروه از کروموزومهای دختر به وسیلهٔ یک غشای هسته احاطه می شوند؛ ۲- کروموزومهای دختر درازتر و نازکتر شده تا این که نهایةً غیرقابل تشخیص می شوند؛ ۳- هستکهای جدید ظاهر می شوند؛ ۴- غالب رشته های دوك ناپدید می شوند؛ و ۵- بشقاب یاخته ای شکل می گیرد.

عبور از آنافاز به تلوفاز مشخّص نیست؛ ولی هنگامی که عناصر غشای هستهٔ جدید در اطراف کروموزومهای دختر در قطبها تشکیل شوند تلوفاز بطور قطع در حال پیشرفت می باشد. این عناصر بتدریج غشای کاملی را ایجاد نموده و کروموزومهای دختر به صورت رشته های نخ مانند نامشخّصی مشابه ابتدای پروفاز در می آیند. هستکهای جدید در نقاط بخصوصی در بعضی از کروموزومها پدیدار می شوند.

در طیّ تلوفاز رشته های دوك بتدریج ناپدید شده و رشته های کوتاهتر دیگری (فیبریلها) که از میکروتوبولها ساخته شده اند در منطقهٔ استوایی یاخته بین دو هستهٔ دختر ظاهر می شوند. این فیبریلها که تا حدودی شبیه کلید می مانند فراگموپلاست نامیده می شوند. اجسام گلژی وزیکولهایی را که محتوی موادّ خام دیوارهٔ یاخته و غشا می باشد تولید می کنند. بعضی از این وزیکولها که به وسیلهٔ میکروسکپ نوری به شکل قطرات مایع بسیار کوچکی دیده می شوند

توسّط دوکهای باقی مانده به مرکز دوك (استوا) هدایت می شوند. بتدریج که وزیکولها متراکم می شوند به هم متّصل شده و ایجاد غشای مضاعفی را بنام صفحهٔ یاخته می کنند. صفحهٔ یاختهٔ رشد می کند تا به غشای یاخته مادر برخورد نماید و به آن متّصل شود. سپس سلّولز روی غشا رسوب می کند تا دیواره های سلّولزی جدیدی ایجاد نماید. در همین زمان پکتین بین غشاها اضافه می شود تا تیغهٔ میانی تولید شود. این تیغه بین دو دیوارهٔ جدید قرار می گیرد و باعث جدا شدن دو یاختهٔ دختر می شود. پلاسمودسماتا (رشته های ظریف پروتوپلاسم که از میان دیوارهٔ بین دو یاخته کشیده می شود شکلهای ۴-۳ و ۵-۳) بخشی از شبکهٔ اندوپلاسمی می باشد که در حین به هم پیوستن وزیکولها در صفحهٔ یاخته باقی مانده است. در بعضی از نمونه ها تشکیل صفحهٔ یاخته توأم با تقسیم هسته نمی باشد. صفحهٔ یاخته بالغ، تیغهٔ میانی بین یاخته های دختر می شود. غشای پلاسمایی جدید در هر دو طرف صفحهٔ یاخته به وجود می آید و پروتوپلاسم هر یاختهٔ دختر، موادّ جدید دیوارهٔ یاخته را بین تیغهٔ میانی و غشای پلاسمایی رسوب می دهد. این دیواره های جدید تا اندازه ای قابل ارتجاع بوده و تا زمان بزرگ شدن یاخته به حدّ نهایی به همین صورت باقی می مانند. در این هنگام است که سلّولز اضافی و موادّ دیگر ممکن است بر روی این دیواره رسوب نموده و دیوارهٔ ثانویّهٔ درون دیوارهٔ اوّلیه تشکیل شود.

ارتباطات بین یاخته ها

گرچه یاخته ها واحدهای مستقلی بوده و قادرند کنشهای پیچیده ای را انجام دهند، ولی مهم این است که همهٔ یاخته های زندهٔ یک موجود، خود تحت یک سیستم ارتباطی هماهنگ می شوند. و بدین صورت فعّالیتها و کنشهای موجود زنده به بهترین نحو انجام می گیرد. در گیاهان یاخته ها ازطریق پلاسمودسمات با هم ارتباط برقرار می کنند. منفذ کوچکی که پلاسمودسمات از میان آن می گذرد معمولاً در نقطه ای است که یک جفت منفذ «تاول» مانند به شکل دونات با فرورفتگی دایره ای (هر منفذ در یک دیواره) قرار دارد. در این نقطه دیواره های یاخته های مجاور نازك شده و یا اصلاً وجود ندارند. در این نقاط که کمی بیشتر از تیغهٔ میانی بین یاخته های مجاور فاصله است روزنه تشکیل می شود (شکل ۱۰-۴). انتقال قندها، اسیدهای آمینه و موادّ دیگر ظاهراً ازطریق پلاسمودسمات صورت می گیرد.

مقایسهٔ یاخته های گیاهان تکامل یافته، با یاخته های جانوران

تمام جانوران برای نگاهداری بافتهای خود دارای اسکلتهای محافظتی بیرونی و درونی هستند. جانوران دیوارهٔ یاخته ندارند و بجای آن غشای پلاسمایی را که جانورشناسان معمولاً غشای یاخته می نامند دارا هستند که مرز خارجی یاخته های جانوران را تشکیل می دهد. یاخته های گیاهان عالی دیواره هایی دارند که تا حدودی سخت و کلفت با اسکلتی از فیبریلهای سلّولزی است. این یاخته ها همچنین دارای پلاسمودسمات هستند که پروتوپلاسم یاخته های گوناگون را ازطریق منافذ میکروسکپی موجود در دیواره به هم ارتباط می دهند. یاخته های جانوری چون فاقد دیواره می باشند نیازی به داشتن پلاسمودسمات ندارند. هنگامی که یاختهٔ گیاهان عالی تقسیم می شود بشقاب سلّولی شکل می گیرد؛ در حالی که در یاخته های جانوری هیچ صفحه ای بین دو یاخته ایجاد نشده بلکه بجای آن در غشا فرورفتگی ایجاد می شود (به بحث تلوفاز میتوز رجوع نمایید).

تفاوتهای دیگر، به حضور یا عدم حضور بعضی از اندامکهای یاخته ها برمی گردد. برای مثال سانتریولها که به صورت یک جفت اندامک استوانه ای کوچک نزدیک هستهٔ یاخته های جانوری دیده می شوند معمولاً در یاخته های گیاهان عالی وجود ندارند. سانتریولها در بحث مربوط به میتوز توضیح داده شد. پلاستها که در یاخته های گیاهی عمومیت دارند در یاخته های جانوری دیده نمی شوند و واکوئلها که در یاخته های گیاهی درشت هستند در یاخته های جانوری، یا خیلی کوچک بوده و یا اصلاً وجود ندارند.

خلاصه

۱. کلّیهٔ موجودات زنده، از یاخته تشکیل شده اند. یاخته ها براساس نقشی که دارند متمایز می شوند. بعضی از یاخته ها تا چند روز بیشتر زنده نمی مانند، در حالی که برخی دیگر تا سالها به زندگی خود ادامه می دهند.

۲. کشف یاخته و جزئیات آن، در نتیجهٔ ساخت میکروسکپ صورت گرفت. رابرت هوك اوّلین شخصی بود که واژهٔ سلّول را برای حفره های منظّمی که در چوب پنبه بود و به وسیلهٔ میکروسکپ ابتدایی خود در سال ۱۶۶۵ مشاهده کرد به کار برد. لوئی فن هوك و گرو در ۵۰ سال بعد در مورد وجود یاخته در بافتهای مختلف گزارشهایی دادند.

۳. لامارك در سال ۱۸۰۹ نتیجه گرفت که همهٔ بافتهای زنده، از یاخته ساخته شده‌اند؛ و دوتروشه در سال ۱۸۲۴ نتایج ارائه شده به وسیلهٔ لامارك را تأیید کرد. براون در ۱۸۳۳ کشف کرد که تمام یاخته ها دارای هسته هستند؛ و مدت زمان کوتاهی بعد از آن اشلیدن هستک را درون هسته تشخیص داد. اشلیدن و شوان معمولاً به عنوان بنیانگذاران فرضیهٔ یاخته ۱۸۳۸-۱۸۳۹ شناخته می شوند. برمبنای این فرضیّه، نه تنها تمام موجودات زنده از یاخته ساخته شده اند بلکه یاخته ها اساس ساختاری موجودیت می باشند.

۴. در سال ۱۸۵۸ ویرشو نظر داد که تمام یاخته های موجود، از یاخته های قبلی خود به وجود آمده اند و خَلق خودبه خودی (خلق السّاعه) از گرد و غبار ـ آن چنان که تا آن زمان عقیده داشتند ـ ممکن نیست. در سال ۱۸۶۲ پاستور نظریهٔ ویرشو را با آزمایشاتی که به وسیلهٔ بطریهای لوله خمیده انجام داد تأیید نمود. پاستور سپس ثابت نمود که تخمیر، نتیجهٔ فعّالیتهای مخمّر است. در ۱۸۹۷ بوخنر کشف کرد که یاخته های مخمّر مجبور نیستند برای زنده ماندن، تخمیر انجام دهند. این عقیده منجر به کشف کاتالیزرهای آلی یعنی آنزیمها شد.

۵. میکروسکپهای نوری، از نور و شیشه یا عدسی فلوئورید کلسیم برای تنظیم درشت نمایی استفاده می کنند که حدّاکثر دارای درشت نمایی ۱۵۰۰ برابر می باشد. میکروسکپ مرکّب، به نمونه های بسیار نازك برای عبور نور نیاز دارد. میکروسکپ تشریح برای اجسام تیره مناسب است و معمولاً تا ۳۰ مرتبه بزرگ می کند.

۶. میکروسکپهای الکترونی، از آهن ربا و پرتوهای الکترون برای ایجاد تصویر استفاده می کنند. میکروسکپ الکترونی انتقالی تا ۲۰۰۰۰۰ مرتبه یا بیشتر بزرگ می کنند. میکروسکپ الکترونی روبنده که برای اجسام بزرگ استفاده می شود معمولاً دارای حدّاکثر درشت نمایی ۱۰۰۰ برابر می باشد.

۷. میکروسکپ اسکن تونلی، از سطحی به باریکی دو اتم تصویربرداری می کند.

۸. یاخته ها خیلی کوچک هستند و دارای تنوّع قطری بین ۱۰ تا ۱۰۰ میکرون می باشند. تعداد آنها در موجودات بزرگ جثّه ای ـ مانند درختان ـ تا میلیاردها عدد می رسد. یاخته های گیاهی به وسیلهٔ دیواره ای احاطه شده اند. بخش زندهٔ یاخته، درون دیواره قرار گرفته و پروتوپلاسم نامیده می شود که دارای ۲ قسمت می باشد: ۱- هسته که به عنوان مرکز کنترل یاخته عمل می کند؛ ۲- سیتوپلاسم که به صورت مایعی است و اندامکهایی

که به وسیلهٔ غشا احاطه شده اند در آن غوطه ورند.

۹. تیغهٔ میانی پکتینی بین دو دیواره اوّلیه یاخته های مجاور، قرار گرفته است. دیوارهٔ اوّلیه و دیوارهٔ ثانویّه که گاهی درون دیوارهٔ اوّلیه ریخته می شود، بیشتر، از سلّولز تشکیل می شوند؛ ولی دیوارهٔ ثانویّه دارای لیگنین و موادّ دیگر است.

۱۰. غشای پلاسمایی ارتجاع پذیر بوده و شبیه ساندویچ است (یک واحد غشا) و غالباً چین خوردگی ایجاد نموده و اطراف پروتوپلاسم را احاطه می نماید. غشا، ورود و خروج مواد را از یاخته تنظیم می نماید.

۱۱. شبکهٔ اندوپلاسمی، سیستمی است که از کانالهای غشایی تشکیل شده و در ذخیره و انتقال پروتئینها و دیگر مواد نقش دارد. دانه هایی بنام ریبوزوم که در ساخت پروتئین دخالت دارند ممکن است در سطح خارجی شبکه اندوپلاسمی دیده شوند.

۱۲. میتوکندریها، اندامکهای کوچک و فراوانی هستند که به وسیلهٔ دو غشا احاطه می شوند. غشای درونی دارای چین خوردگیهای بشقاب مانندی است بنام کریستی که در عمل تنفّس نقش دارند.

۱۳. دیکتیوزومها یا اجسام گلژی که به آن دستگاه گلژی هم گفته می شود اندامکهایی هستند که به صورت کیسه هایی ظاهر شده و به عنوان مرکز جمع آوری و بسته بندی موادّ یاخته ای عمل می کنند.

۱۴. پلاستها، اندامکهای درشتی هستند که به رنگهای سبز (کلروپلاست)، نارنجی یا قرمز (کرموپلاست)، و یا بی رنگ می باشند (لوکوپلاست). کلروپلاست دارای آنزیمها، مایع زمینه ای بنام استروما، و گرانا به صورت غشاهای سکّه مانند (تیلاکوئید) محتوی رنگدانهٔ کلروفیل می باشند. فتوسنتز در تیلاکوئیدها انجام می شود. پلاستها، از پیش پلاستها تکامل یافته و می توانند از تقسیم پلاستهای بالغ به وجود آیند.

۱۵. میکروتوبولها، ساختمانهای لوله ای کوچکی هستند که معمولاً در مجاور غشای پلاسمایی دیده می شوند. میکروتوبولها ظاهراً افزایش سلّولز را به دیوارهٔ یاخته کنترل می نمایند. میکروفیلامنها، در جریان سیتوپلاسمی دخالت دارند.

۱۶. هسته به وسیلهٔ دو غشا احاطه شده که دارای منافذ زیادی هستند. درون هسته یک مایع بنام شیرهٔ هسته وجود دارد. داخل هسته همچنین یک یا چند هستک کروی و رشته های ظریف کروماتین که در اثر فشرده شدن در هنگام تقسیم هسته ایجاد کروموزوم می کنند

دیده می شود.

۱۷. بیش از ۹۰ درصد حجم سلّول مایع گیاهی، ممکن است به وسیلهٔ واکوئل و یا واکوئلهایی که با یک غشای واکوئلی (تونوپلاست) محصور شده اند اشغال شود. واکوئلها دارای مایعی بنام شیرهٔ یاخته هستند. شیرهٔ یاخته دارای موادّ محلول و رنگدانه هایی مثل انتوسیانین به رنگ قرمز و آبی می باشد.

۱۸. یاخته های پروکاریوتیک که فاقد بعضی از خصوصیّات یاخته های یوکاریوتیک می باشند در فصل ۱۶ توضیح داده می شوند. جریان سیتوپلاسمی درون یک یاخته، **سیکولوز** نامیده می شود.

۱۹. در چرخه یاخته انترفاز مرحله ای است که در طیّ آن یاخته تقسیم نمی شود. انترفاز به سه مرحله تقسیم شده و یاخته را آمادهٔ تقسیم میتوز می نماید. میتوز (تقسیم هسته) معمولاً به همراه تقسیم بقیّهٔ یاخته صورت می گیرد و در یاختهٔ گیاهی معمولاً در منطقه ای بنام مریستم انجام می شود.

۲۰. میتوز بطور قراردادی به چهار مرحله تقسیم می شود: (۱) پروفاز که در آن کروموزومها و طبیعت دو رشته ای آنها ظاهر می شود و غشاهای هسته ناپذیر می شوند؛ (۲) متافاز که در آن کروموزمها در استوای یاخته ردیف شده و یک سیستم فیبرهای دوکی که بعضی از آنها در محلّ سانترومر به کروموزوم متّصلند مشخص است؛ (۳) آنافاز که کروماتیدهای هر کروموزوم که (اکنون کروموزوم دختر نامیده می شوند) از درازا از هم جدا شده و هر دسته کروموزوم دختر به یک قطب یاخته مهاجرت می کند؛ (۴) تلوفاز که هر دسته کروموزومهای دختر را غشاهای هسته ای جدیدی احاطه می کند. بنابراین هستهٔ جدیدی ایجاد شده و یک دیوارهٔ تقسیم بین هسته های دختر شکل گرفته و ایجاد دو یاختهٔ دختر را می کند.

۲۱. رشد دیوارهٔ تقسیم به وسیلهٔ تجمّع یک سری فیبرهای کوتاه بنام فراگموپلاست شروع می شود. قطرات و وزیکولهای کوچک محتوی ترکیبات پکتینی ایجاد بشقاب یاخته ای را کرده که با رشد آن تیغهٔ میانی دیواره یاخته های جدید ایجاد می شود.

۲۲. یاخته های زنده دارای رشته های ظریف سیتوپلاسمی هستند بنام پلاسمودسمات که از منافذ ظریف دیواره که منفذ (پیت) نام دارد عبور می کنند.

۲۳. یاخته های جانوری برخلاف یاخته های گیاهی فاقد دیواره، پلاست، و واکوئلهای درشت

می باشند. یاخته های جانوری همچنین دارای یک جفت سانتریول استوانه ای شکل در نزدیک هسته می باشند. هنگام تقسیم یاخته های جانوری بجای بشقاب یاخته در غشای یاخته فرورفتگی ایجاد می شود.

پرسشهای یادآوری

۱. ساختمان یاخته، چه منافعی برای گیاهان و جانوران دارد.
۲. دیواره چه اهمّیّتی برای یاخته دارد؟
۳. فرق بین پروتوپلاسم و سیتوپلاسم در چیست؟
۴. چگونه می توان واکوئل و سیتوپلاسم را از هم تشخیص داد؟
۵. کلروپلاستها از چه اجزائی ساخته شده اند و نقش هریک چیست؟
۶. عمل هسته یاخته چیست؟ هسته عملش را چگونه انجام می دهد؟
۷. پلاسمودسمات چیست و از چه لحاظ برای حیات گیاه اهمّیّت دارد؟
۸. روزنه (پیت) چیست و کجا قرار دارد؟
۹. تفاوتها و شباهتهای یاخته های جانوران و گیاهان در چیست؟
۱۰. آیا پروفاز و تلوفاز دقیقاً عکس هم هستند؟

پرسشهای تشریحی

۱. آیا یک نوع یاخته را می توان از یاختهٔ دیگر مفیدتر محسوب نمود؟ چرا؟
۲. بعد از آن که رشتهٔ علوم گیاهی پایه را به اتمام رساندید آیا فکر می کنید قادر باشید عمل کلّیهٔ اندامکهای یاخته را در آزمایشگاه تعیین کنید؟ توضیح دهید.

منابع اضافی

Alberts, B., et al. 1983. *Molecular biology of the cell.* New York: Garland Publishing, Inc.
Baker, N. R., and J. Barber, eds. 1984. *Chloroplast biogenesis.* New York: Elsevier Science Publishing Co.
Brachet, J. 1985–1986. *Molecular cytology,* 2 vols. San

Diego, CA: Academic Press.
Buvat, R. 1989. *Ontogeny, cell differentiation and structure of vascular plants.* New York: Springer-Verlag.
Bryant, J. A., and D. Francis, eds. 1985. *The cell division cycle in plants.* New Rochelle, NY: Cambridge University Press.
Currie, A. W. 1988. *Basic histology and cytology.* New York: Churchill.
Darnell, J. E., et al. 1986. *Molecular cell biology.* New York: W. H. Freeman & Co.
DeRobertis, E. D., and E. M. DeRobertis, Jr. 1987. *Cell and molecular biology,* 8th ed. Philadelphia: Lea and Febiger.
Dyson, R. D. 1985. *Cell biology: a molecular approach,* 3d ed. Newton, MA: Allyn and Bacon.
Hall, J. L. 1979. *Electron microscopy and cytochemistry of plant cells.* New York: Elsevier Science Publishing Co.
John, P. C., ed. 1981. *The cell cycle.* Society for experimental biology seminar series No. 10. New Rochelle, NY: Cambridge University Press.
Karp, G. 1984. *Cell biology,* 2d ed. Hightstown, NJ: McGraw-Hill Book Co.
Robinson, D. G. 1985. *Plant membranes.* New York: John Wiley & Sons, Inc.
Sheeler, P., and D. E. Bianchi. 1987. *Cell and molecular biology,* 3d ed. New York: John Wiley & Sons.
Stein, W. D., and F. Bronner, eds. 1989. *Cell shape: determinants, regulation and regulatory role.* San Diego, CA: Academic Press.
Sussex, I., et al. eds. 1985. *Plant cell interactions.* New York: Cold Spring Harbor.
Wolfe, S. L. 1983. *Introduction to cell biology.* Belmont, CA: Wadsworth Publishing Co.

فصل چهارم ـ بافتها

رؤوس مطالب

برخی اهداف فراگیری

نظر اجمالی

مقدّمه

۱ - بافتهای مریستمی

مریستمهای انتهایی

کامبیوم آوندی (لایه زاینده چوب و آبکش)

کامبیوم چوب‌پنبه (لایه زاینده پوست)

مریستم بین بافتی

۲- بافتهای غیر مریستمی

بافتهای ساده

پارانشیم

کلانشیم

اسکلرانشیم

بافتهای ترشّحی

روپوست

بافتهای مرکّب

بافت چوبی

بافت آبکش

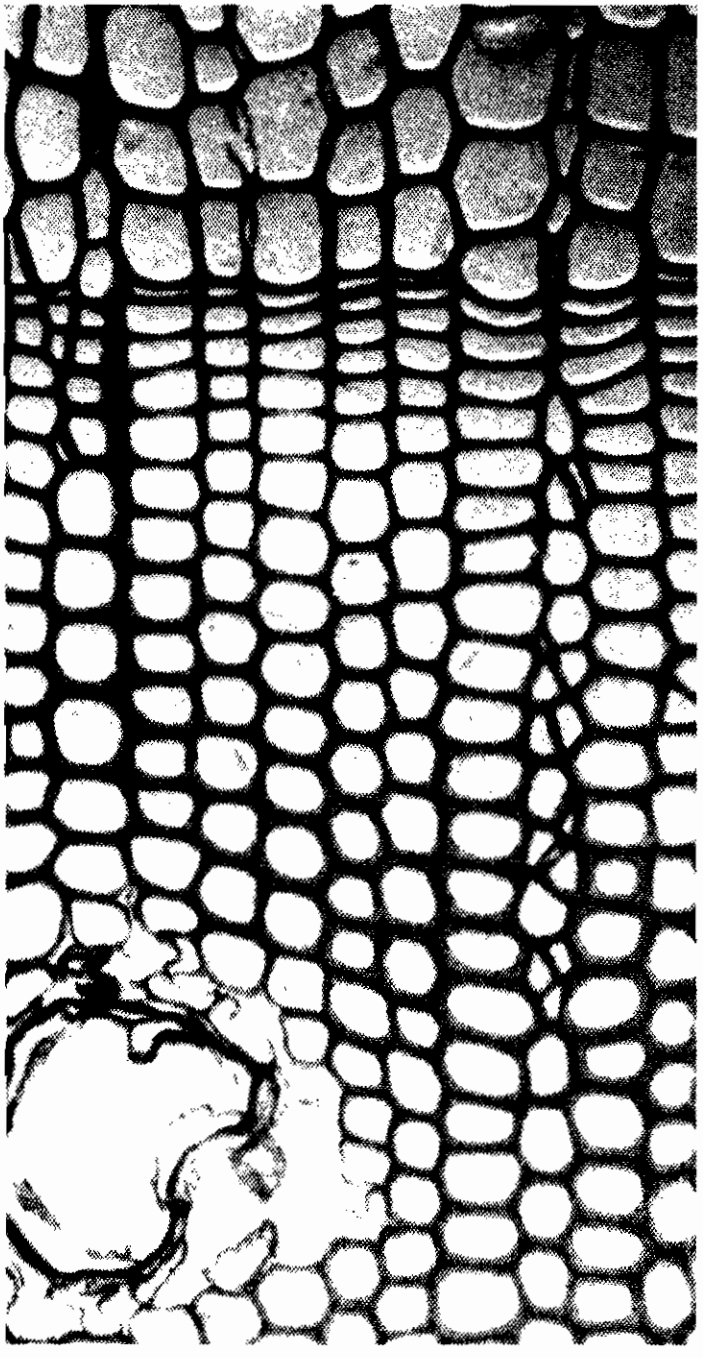
پریدرم

خلاصه

پرسشهای یادآوری

پرسشهای تشریحی

منابع اضافی



بافت چوبی پینوس (Pinus sp.)

فصل چهارم

بافتها

برخی اهداف فراگیری

۱- آشنایی با مریستمهای گیاه و موقعیّت آنها

۲- شناخت بافتهای هادی و عمل سلّولهای آنها

۳- بافتهای غیرمریستمی و غیرهادی

نظر اجمالی

اساس مطالب این فصل را، بافتهای مریستمی (مریستمهای انتهایی، کامبیوم آوندی، کامبیوم چوب پنبه، مریستم میان یقه ای) و همچنین بافتهای غیرمریستمی (پارانشیم، کلانشیم، اسکلرانشیم، بافتهای ترشّحی، روپوست، چوبی، آبکش و پریدرم) تشکیل می دهند.

مقدّمه

تغییرات و دگرگونیهای قابل توجّهی که در گیاهان ایجاد می شود در ۳ فصل آینده مورد بحث قرار خواهد گرفت؛ لیکن بدون توجّه به اشکال خارجی آنها، بیشتر گیاهان دارای

سه گروه اندام هستند که عبارتند از : ریشه، ساقه، و برگ. هریک از این اندامها، از بافتهایی تشکیل شده اند؛ یعنی سلّولهایی که دارای عمل یکسانی هستند. هرکدام از اندام گیاهی ممکن است از تعداد متفاوتی بافت تشکیل شده باشد که هریک از آنها برمبنای ساختمان، منشأ، یا عمل، طبقه بندی می شوند. علاوه براین سه طرح اساسی بافت در ریشه و ساقه وجود دارد (دو لپّه ایهای چوبی، دو لپّه ایهای علفی، و تک لپّه ایها در فصلهای ۵ و ۶ توضیح داده خواهد شد). در بحثهای زیر، انواع مشخّص بافتهای گیاهی همراه با تصاویر و طبقه بندی آنها آمده است.

اول ـ بافتهای مریستمی (شکل ۱-۴)

۱- مریستمهای انتهایی

۲- مریستمهای آوندی

۳- کامبیوم چوب پنبه

۴- مریستم بین بافتی

دوّم ـ بافتهای غیر مریستمی

بافتهای ساده :

۱- پارانشیم

۲- کلانشیم

۳- اسکلرانشیم

۴- بافتهای ترشحی

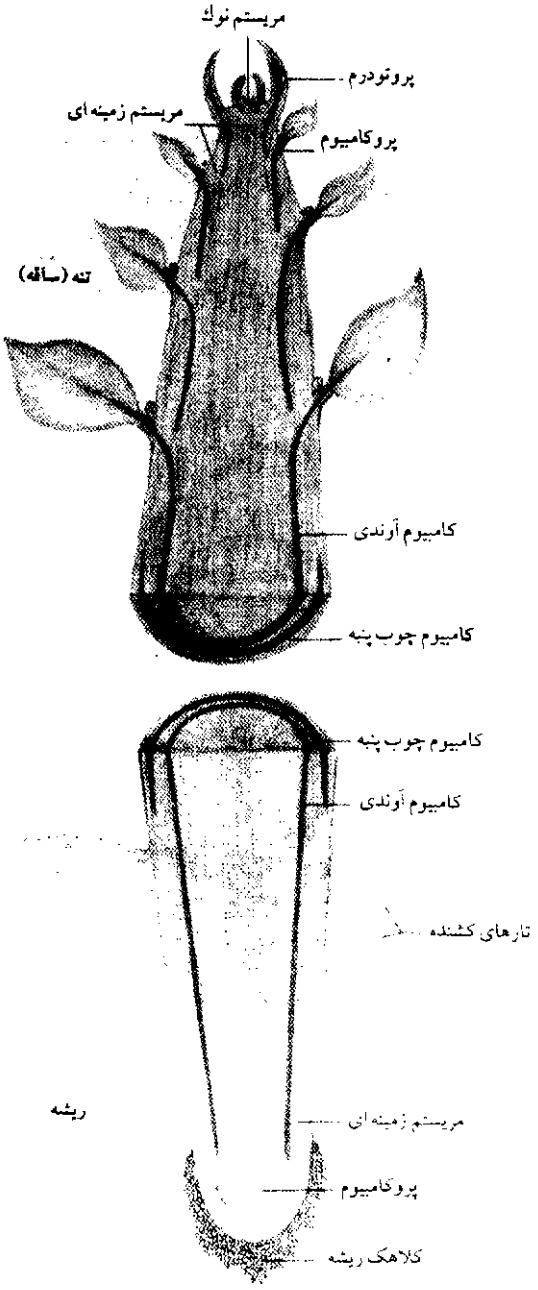
۵- روپوست

بافتهای مرکّب :

۶- بافت چوب

۷- بافت آبکش

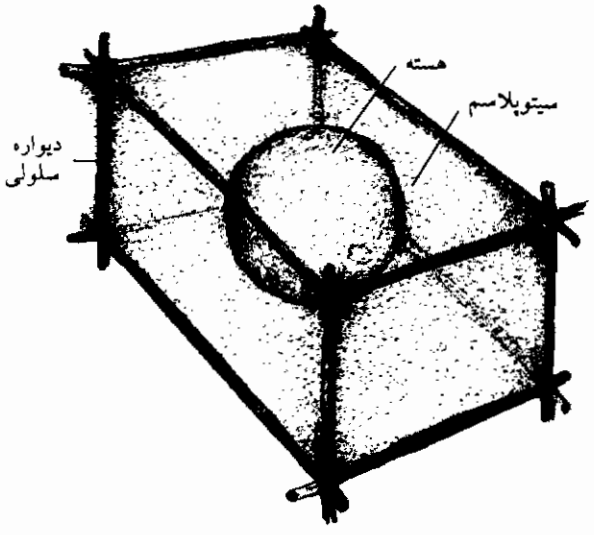
۸- پریدرم



شکل ۱-۴ جایگاه مریستمهای گیاهی

۱ - بافتهای مریستمی

مریستمها یا بافتهای مریستمی، بافتهایی هستند که سلّولهای آنها بطور فعّال تقسیم می شوند. سلّولهای جدیدی که ساخته می شوند معمولاً کوچک بوده و ساختمانهای قوطی مانند و شش ضلعی تشکیل می دهند. هرکدام دارای هسته نسبةً بزرگ در وسط بوده و واکوئلهای ریز دارند و یا فاقد واکوئل هستند. بتدریج که بالغ می شوند برحسب نقش نهایی خود شکلها و اندازه های متفاوتی ایجاد می کنند.



شکل ۲-۴ یك سلّول نمونهٔ مریستمی. به نبود واکوئل و هستهٔ نسبةً بزرگ توجّه کنید.

مریستمهای انتهایی

مریستمهای انتهایی (نوك) در رأس و یا نزدیک به رأس ساقه و ریشه قرار گرفته اند و با تولید سلّولهای جدید، رشد طولی می کنند. سه مریستم اوّلیه و همچنین برگهای جنینی و جوانه (پیش برگ) از هرکدام از مریستمهای نوك ایجاد می شوند. این سه مریستم عبارتند از: پروتودرم، مریستم زمینه ای، و پروکامبیوم. بافتهایی که از آنها ایجاد می شود بافتهای اوّلیه نامیده می شوند. به موقعیّت آنها در شکل ۱-۴ دقّت نمایید. آنها را در فصلهای ۵ و ۶ توضیح خواهیم داد.

کامبیوم آوندی

کامبیوم آوندی به صورت استوانه ای نازك و گاه منشعب در طول ساقه یا ریشه بجز در نوك آنها امتداد دارد. کامبیوم در گیاهان چندساله و تعدادی از گیاهان علفی یکساله حضور دارد و مسؤول بافتهایی است که افزایش قطر گیاه را عهده دارند. سلّولهای منفرد و پایدار کامبیوم آوندی سلّولهای بنیادی[1] نامیده می شوند. کامبیوم و سلّولهای بنیادی آن در فصلهای ۵ و ۶ توضیح داده خواهند شد.

کامبیوم چوب پنبه (لایه زاینده پوست)

کامبیوم چوب پنبه مانند کامبیوم آوندی به صورت استوانهٔ باریکی است که در طول ساقه یا ریشهٔ گیاهان چوبی امتداد پیدا می کند. مکان آن، بیرون کامبیوم آوندی است بطوری که در برش عرضی، کامبیوم آوندی به شکل لوله ای است که قطر آن کمتر از کامبیوم چوب پنبه بوده و درون آن قرار دارد. عمل کامبیوم چوب پنبه تولید پوست خارجی گیاهان چوبی است (در فصلهای ۵ و ۶ توضیح داده می شود). بافتهایی که از تمایز کامبیوم آوندی و کامبیوم چوب پنبه تولید می شوند، بافتهای ثانویّه نام دارند و پس از آن که بافتهای نخستین بالغ شوند ایجاد می شوند.

مریستم بین بافتی

گیاهان علفی، هیچ کدام از کامبیومهای آوندی و چوب پنبه را ندارند ولی دارای مریستم انتهایی و مریستم دیگری بنام مریستم بین بافتی، میان یقه ای می باشند که در مجاور و محلّ گرهها (محلّ اتّصال برگها، به فصل ۷ رجوع شود) و در فواصلی در طول ساقه قرار می گیرد. مریستم بین بافتی همانند مریستم انتهایی باعث افزایش طول ساقه می شوند.

۲- بافتهای غیر مریستمی

بافتهای غیر مریستمی، از سلّولهایی تشکیل می شوند که خود از مریستمها تولید شده اند،

1- Initial

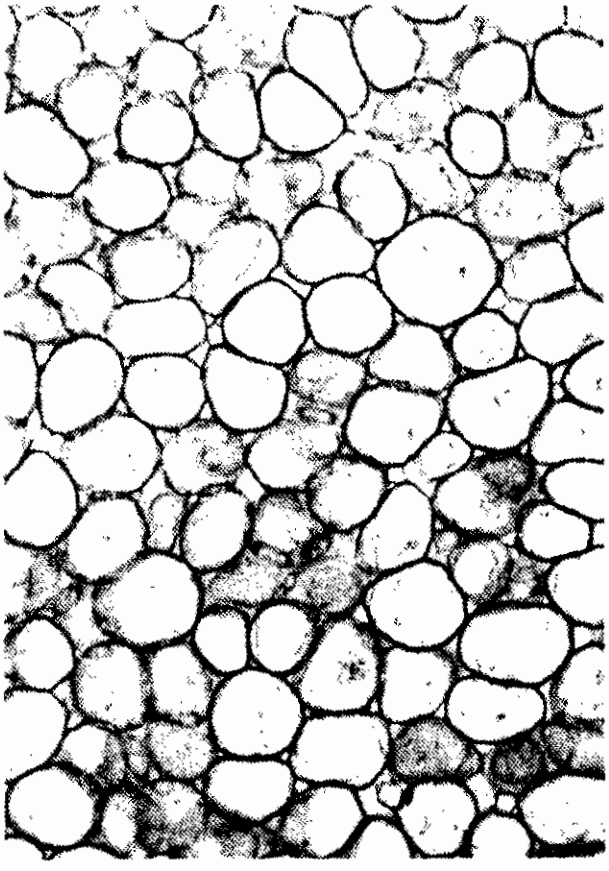
آنها بر حسب نقش و عمل خود دارای اشکال و اندازه های گوناگونی هستند. بعضی از این بافتها شامل یک نوع سلّول می باشند، در حالی که بعضی دیگر ممکن است از ۲ یا چند نوع سلّول تشکیل شده باشند. ابتدا انواع ساده تر بافتهای غیر مریستمی مورد بحث قرار می گیرد و سپس بافتهای مرکّب بحث خواهد شد.

بافتهای ساده

پارانشیم

سلّولهای پارانشیمی (شکل ۳-۴) فراوانترین انواع سلّولها هستند و تقریباً در بیشتر بخشهای گیاهان عالی مشاهده می شوند. شکل سلّولهای پارانشیمی ابتدا کم و بیش کروی است ولی به مرور که تعداد آنها زیاد شده و تحت فشار قرار می گیرند دیواره های نازك آنها تحت این شرایط شکلهای مختلفی را ایجاد می نمایند؛ ولی غالباً دارای ۱۴ پهلو می باشند. این سلّولها دارای واکوئلهای درشت هستند و ممکن است دارای دانه های نشاسته، چربی، تانن (مواد دباغی یا رنگی)، کریستالها و موادّ ترشّحی دیگری نیز باشند.

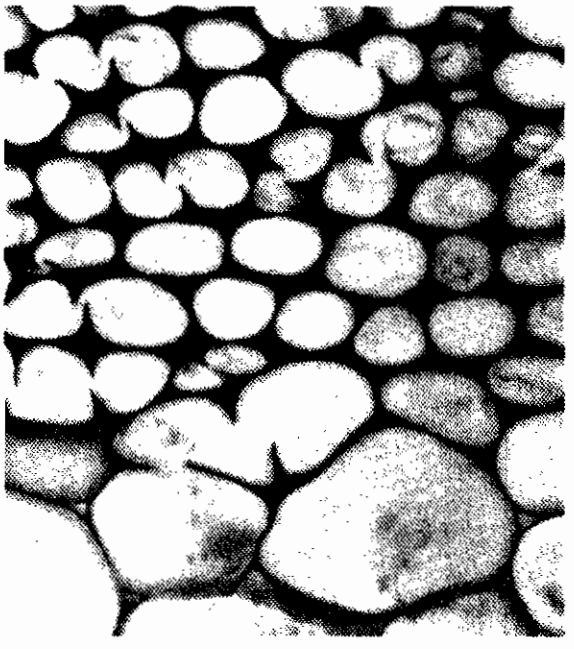
در بین سلّولهای پارانشیمی معمولاً فضاهایی وجود دارد که در گیاهان آب زی این فضاهای بین سلّولی گسترش بیشتری پیدا کرده بطوری که حالت شبکه ای را به خود می گیرند. این نوع بافتهای پارانشیمی که دارای فضاهای هوایی زیادی هستند *ایرانشیم* نام دارند، در حالی که بافتهای پارانشیمی که محتوی تعداد زیادی کلروپلاست هستند (مانند بافت برگ) بافتهای کلرانشیم نامیده می شوند. عمل اصلی کلرانشیم فتوسنتز است؛ و بافتهای پارانشیم بدون کلروپلاست عمدةً ذخیره مواد غذایی و آب را عهده دار هستند. بخش خوراکی میوه ها و سبزیجات مقادیر زیادی سلّولهای پارانشیم دارد. در بعضی از سلّولهای پارانشیمی دیواره به صورت نامنظّمی اتّساع حاصل نموده بطوری که باعث افزایش سطح می شود. چنین سلّولهایی «سلّولهای ناقل» نامیده شده و در انتقال موادّ محلول بین سلّولهای مجاور نقش دارند. بسیاری از سلّولهای پارانشیمی عمر طولانی دارند. بطور مثال سلّولهای پارانشیم کاکتوس ممکن است بیش از ۱۰۰ سال زنده بمانند.



شکل۳-۴ سلّولهای پارانشیمی در مقطع عرضی

کلانشیم

سلّولهای کلانشیم (شکل ۴-۴) مانند سلّولهای پارانشیم دارای پروتو پلاسم زنده بوده و می توانند برای مدّت درازی زنده بمانند. این سلّولها، عمدةً به وسیلهٔ دیواره ضخیم خود از سلّولهای پارانشیمی قابل تشخیص می باشند. سلّولهای کلانشیم غالباً زیر روپوست قرار می گیرند. آنها معمولاً درازند و دیوارهٔ آنها علاوه بر این که محکم است قابل ارتجاع نیز می باشند. آنها باعث استقامت در اندامهای در حال رشد و همچنین اندامهای بالغ مانند برگ و اجزای گل می شوند.

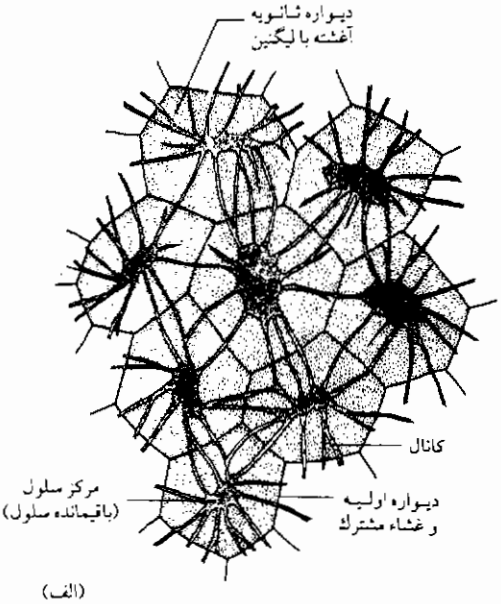


شکل ۴-۴ سلّولهای کلانشیم در مقطع عرضی. به دیواره‌ها که کلفتی ناهمواری دارند توجّه نمایید.

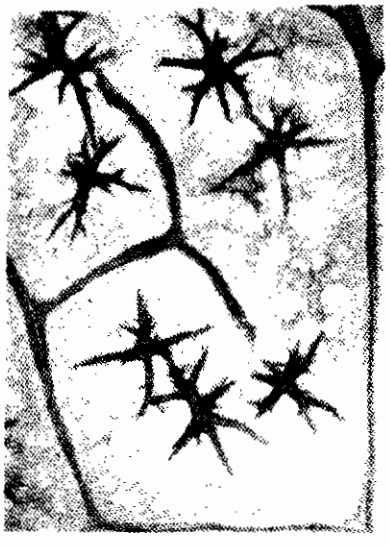
اسکلرانشیم

بافت اسکلرانشیم دارای سلّولهای با دیواره های ضخیم می باشد که معمولاً از موادّ لیگنینی آغشته شده است، اکثر سلّولهای اسکلرانشیمی بالغ مرده محسوب شده و تنها نقش آنها نگهداری و استقامت گیاه می باشند. سلّولهای اسکلرانشیمی بر دو نوعند: اسکلریدها و فیبرها، اسکلریدها (برای مشاهدهٔ ۲ نوع از اسکلریدها به شکل ۵-۴ رجوع شود) ممکن است به صورت تصادفی در هر بافتی پراکنده باشند. به عنوان مثال، بافت کمی سخت و خشن گلابی حاوی گروههایی از اسکلرید می باشد که به آنها سلّولهای سنگی نیز گفته می شود. سلّولهای اسکلریدی تقریباً ابعاد یک اندازه دارند و گاهی در محلهای خاصّی ظاهر می شوند (مثلاً در حاشیهٔ برگهای کاملیا) بجای آن که در بافتها پخش باشند. الیاف (شکل ۶-۴) ممکن است در رابطه با بافتهای گوناگون اندامهای ریشه، ساقه، برگ، و میوه یافت شوند. طول آنها

بمراتب بیشتر از پهنای آنهاست و دارای محوّطهٔ درونی نسبةً کوچکی می باشند بنام لومن[1] که در وسط سلّول قرار دارد. در حال حاضر الیاف ۴۰ خانوادهٔ مختلف گیاهان به صورت تجاری در صنایع نسّاجی، ریسمان و نخ و سایر موادّ مشابه مورداستفاده قرار می گیرد. شواهد باستان شناسی نشان می دهد که بشر حدّاقل به مدّت ۱۰۰۰۰ سال است که از الیاف گیاهی استفاده می نماید.



(الف)



(ب)

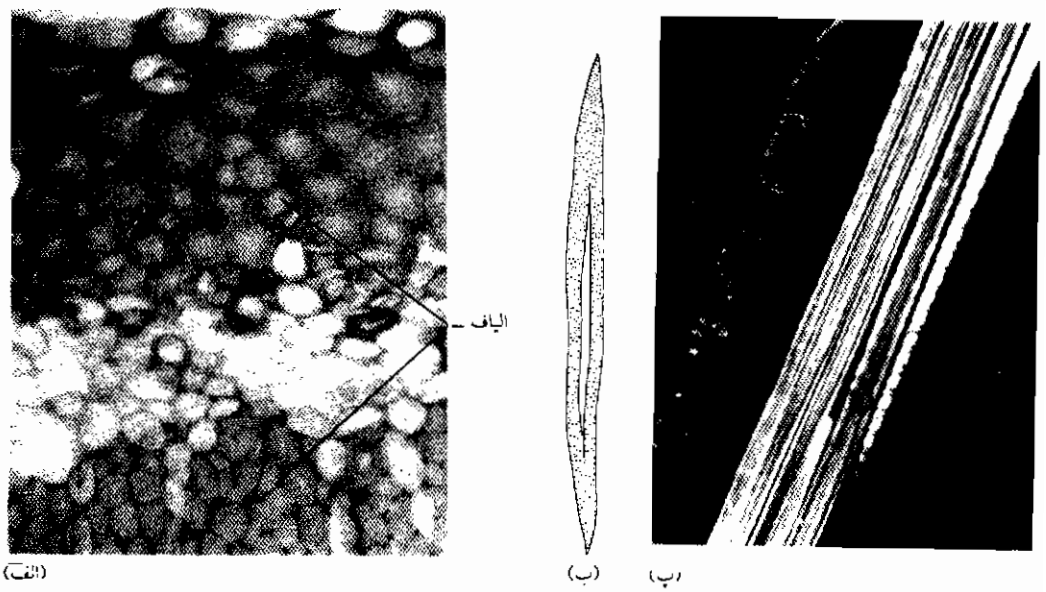
شکل ۵-۴الف ـ نقش اسکلریدهای (سلّولهای سنگی) یك گلابی درمقطع عرضی. ب ـ اسکلریدها در برگ یك درخت ویل.

بافتهای ترشّحی

بافتها یا سلّولهای ترشّحی موادّی را که از پروتوپلاسم سلّول تولید شده و بایستی به بیرون از سلّول هدایت شوند آزاد می کنند. ترکیبات ترشّحی غالباً موادّ زایدی هستند که برای

1- Lumen

گیاه کاربردی ندارند، ولی بعضی از این مواد، هورمونها هستند که برای فعّالیتهای گیاه، حیاتی می باشند (به فصل ۱۱ رجوع شود).



شکل ۶-۴الیاف. الف ـ مقطع عرضی از بخشی از ساقهٔ درخت تیلیا (زیرفون) به‌کلفتی دیواره‌های الیاف تیره‌تر توجّه کنید؛ ـ یکی از الیاف در مقطع طولی؛ پ ـ مقطع طولی از الیاف در برگ Welwitschia.

سلّولها یا بافتهای ترشّحی در جاهای گوناگون گیاه واقع می شوند. بین بافتهای ترشّحی، متداولترین آنها عبارتند از شهد گلها، مواد روغنی در مرکبّات، نعناع و بسیاری از برگهای دیگر، موادّ موسیلاژی که در پُرزهای غده‌ای گیاهان حشره‌خوار ایجاد می شود، لاتکس و شیرابه که در اعضای چندین خانواده نظیر خانوادهٔ فرفیون یافت می شود. همچنین رزین گیاهان مخروط دار مانند درختان کاج. لاتکس و رزین معمولاً به وسیلهٔ سلّولهایی تولید می شوند که در مجاور کانالهای لوله مانندی قرار گرفته که ایجاد شبکه‌ای را در بعضی گونه های گیاهی می نمایند (شکل ۱۰-۵). ترشّحات بعضی از گیاهان مانند رزین کاج، لاستیک، روغن پونه و تریاك ارزش تجارتی قابل ملاحظه‌ای دارند.

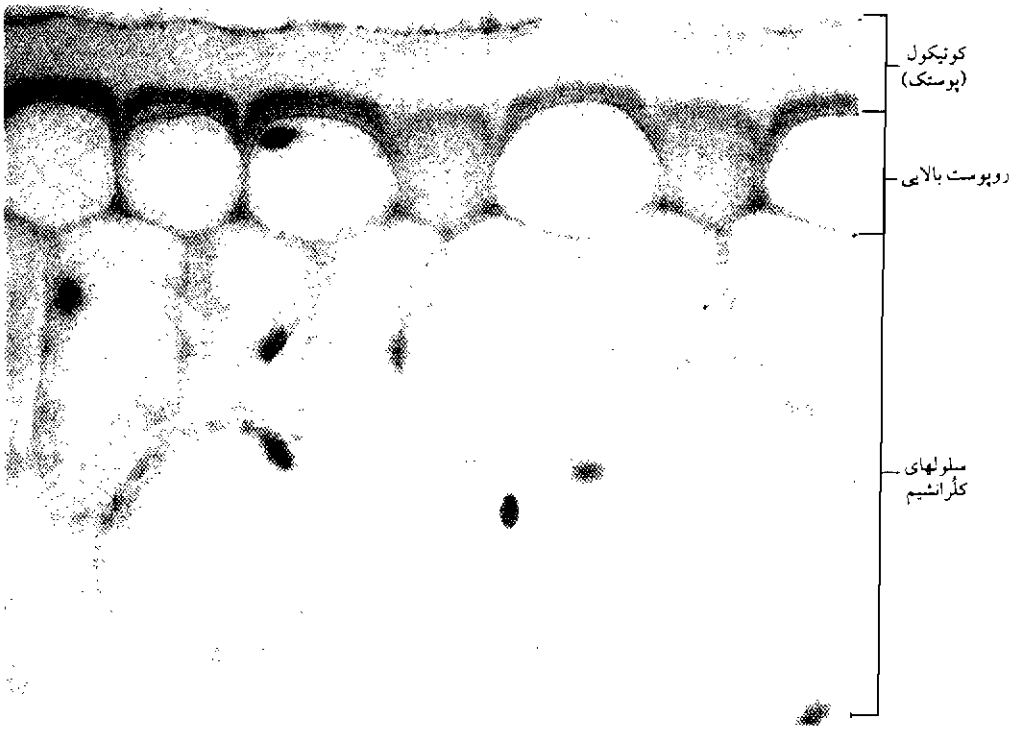
روپوست

سلّولهای خارجیترین لایهٔ اندامهای جوان گیاه روپوست نامیده می شود؛ و چون با محیط خارج ارتباط مستقیم دارد، بنابراین ممکن است برحسب تغییرات محیطی دارای سلّولهای مختلفی باشد. روپوست معمولاً سلّول کلفتی دارد، ولی در بعضی گیاهان ریشه های هوایی بنام ولامن[1] ایجاد شده (مانند ارکیده) که روپوست آن ممکن است از چند لایهٔ سلّول تشکیل شود و لایهٔ بیرونی سلّولها گاهی مانند ابر عمل می کند. چنین روپوستهای چند لایه ای، در برگهای بعضی از انجیرهای حارّه ای و همچنین در اعضای خانوادهٔ فلفل یافت می شود. سلّولهای روپوست، بیشتر مادّه ای چربی بنام کوتین درون و همچنین بیرون از دیواره ها ترشح می کنند. کوتین یک لایهٔ حفاظتی بنام کوتیکول (شکل ۷-۴) ایجاد می نماید. ضخامت کوتیکول (و مهمتر از آن مومی که بر سطح کوتیکول به وسیلهٔ روپوست ترشّح می شود) میزان خروج آب را ازطریق تبخیر از گیاه مشخّص می نماید. کوتیکول همچنین مقاومت فوق العاده ای نسبت به نفوذ باکتریها و دیگر موجودات بیماری زا دارد و از گیاهانی که میلیونها سال فسیل شده اند به دست آمده است. موم بر سطح کوتیکول در تعدادی از گیاهان رسوب می کند (شکل ۵-۷). موم بظاهر از طریق منفذهای میکروسکپی که در دیوارهٔ سلّول وجود دارد به سطح سلّولهای روپوست می رسد، حسّاسیت گیاه نسبت به علف کشها بستگی به ضخامت لایهٔ موم دارد. بعضی از رسوبات مومی چون وسیع است ارزش تجاری پیدا می کند. برای مثال موم کارنوبا[2] در سطح روپوست برگهای نخل مومی رسوب می نماید. موم کارنوبا و دیگر مومها جهت جلادهی صفحات گرام مورد استعمال دارند. در زمانهای گذشته در قبیله ها مومی که از جوشاندن برگها و میوهٔ میرتل[3] استخراج می شد در ساخت شمع مورد استفاده قرار می گرفت.

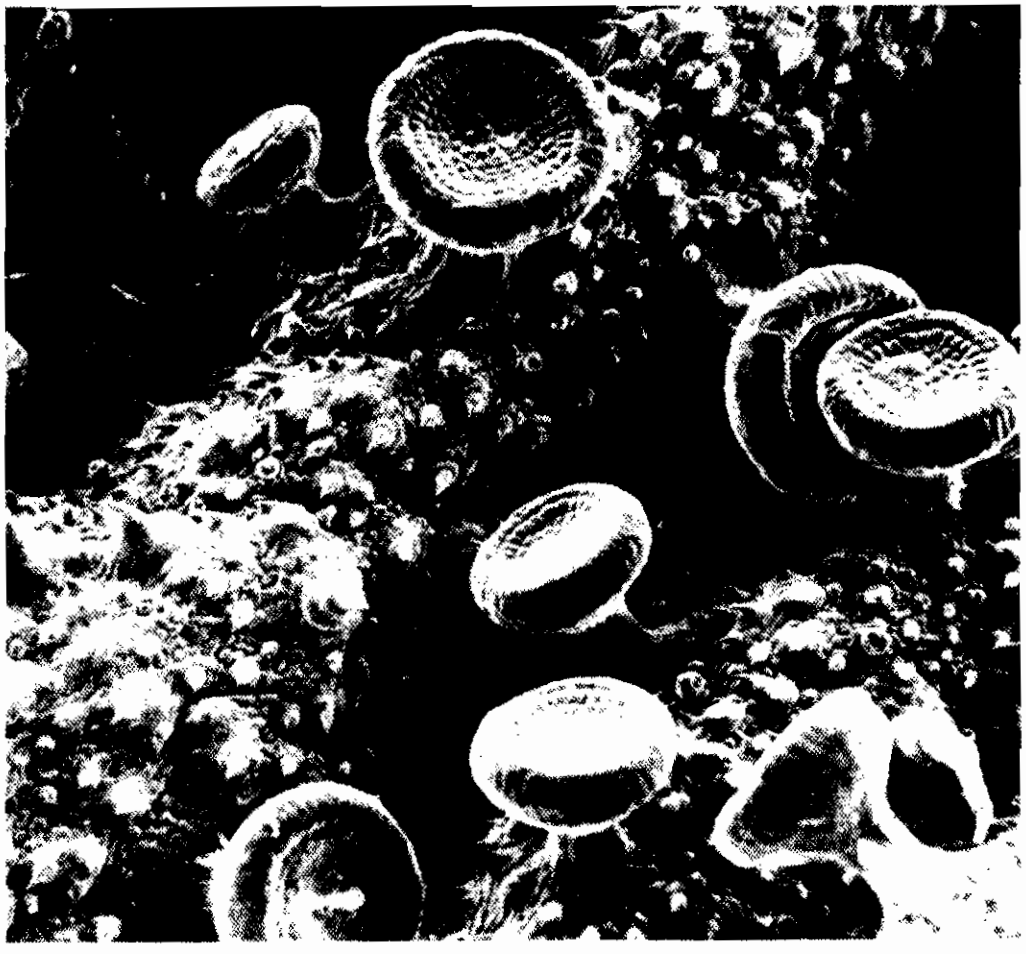
در برگها، سلّولهای روپوست که دیوارشان عمود بر سطح قرار گرفته است شکلهای عجیب و غریبی ایجاد می نمایند. و در زیر میکروسکپ مثل قطعات جدول پازل ظاهر می شوند. سلّولهای روپوست ریشه ایجاد زایده های لوله ای بنام تارهای کشنده (شکل ۴-۶) می کنند که در فاصلهٔ کمی از نوك قرار می گیرند. تارهای کشنده سطح جذب را به اندازهٔ قابل ملاحظه ای افزایش می دهند. پرزهای متفاوت دیگر در سطح روپوست بخشهای بالای خاك

1- Velamen
2- Carnauba
3- Myrtle

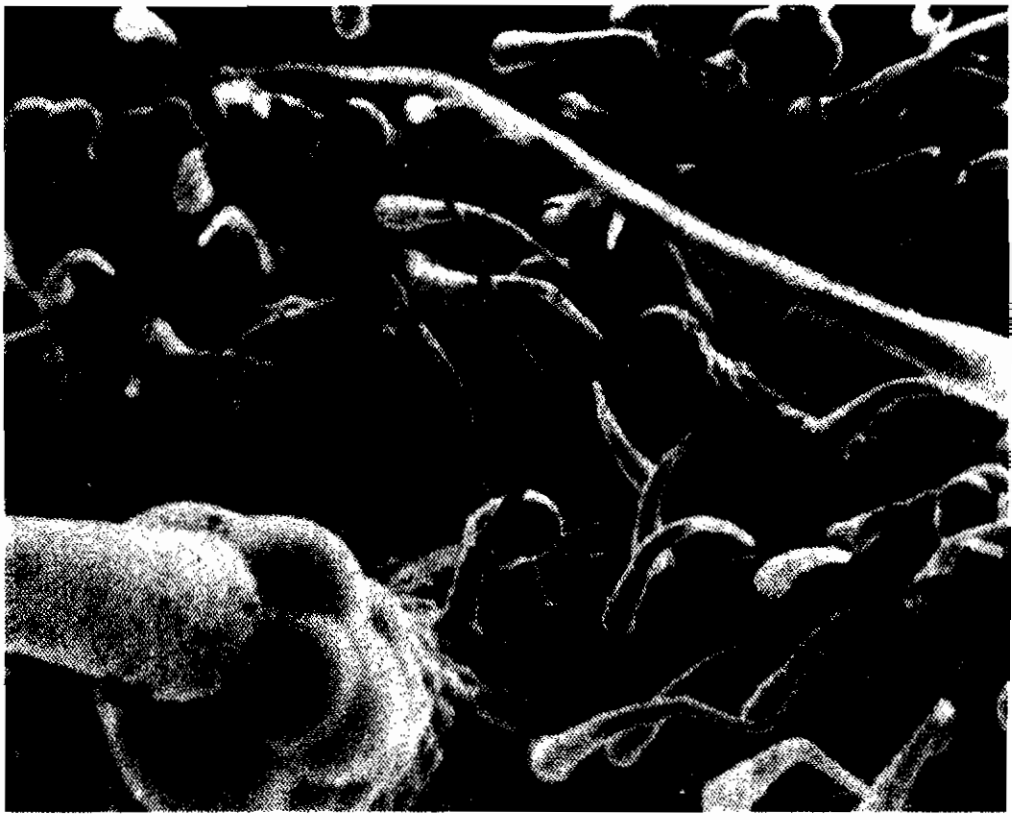
گیاهان وجود دارد. این پرزها زوایدی را تشکیل می دهند که ممکن است از یک تا چند سلّول تشکیل شده باشند (شکل ۹-۴). برگها همچنین دارای منافذ کوچک بسیاری هستند بنام روزنه که در طرفین آنها دو سلّول بنام سلّولهای محافظ قرار می گیرد (شکلهای ۶-۷ و ۷-۹). سلّولهای محافظ از نظر شکل با دیگر سلّولهای روپوست تفاوت دارند و همچنین به واسطهٔ داشتن کلروپلاست با سلّولهای روپوست متفاوتند. روزنه ها و سلّولهای محافظ در فصلهای ۷ و ۹ توضیح داده خواهند شد. بعضی از سلّولهای روپوست ممکن است به صورت غدّه در آمده و موادّ محافظ و یا ترکیبات دیگری ترشّح کنند (شکل ۸-۴).



شکل ۷-۴ مقطع کوچکی از برگ لالهٔ کفیر. کوتیکول کلفتی را که به‌وسیلهٔ روپوست بالایی ترشّح شده، نشان می‌دهد.



شکل ۸-۴ پرزهای غدّه‌ای سطح برگه‌های گل Western tarweed در اندازه‌های گوناگون.



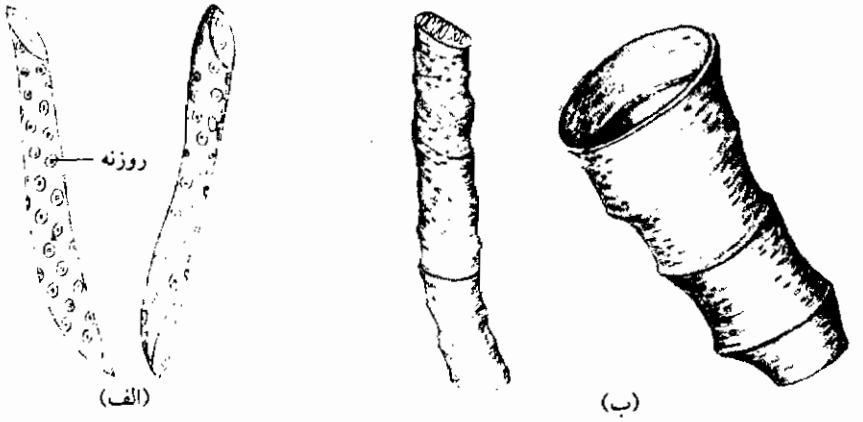
شکل ۹-۴ پرزها در سطح ساقهٔ گیاه گوجه‌فرنگی، به‌روزنهٔ برجسته در سمت راست ناحیهٔ مرکزی توجّه نمایید.

بافتهای مرکّب

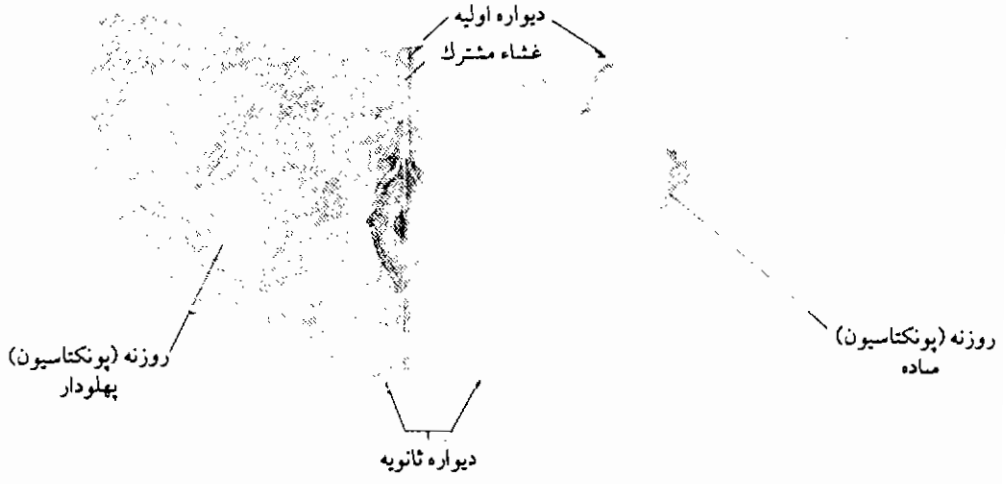
بیشتر بافتهایی که تا به حال توضیح داده شد از یک نوع سلّول تشکیل شده‌اند، ولی تعدادی از بافتهای مهم هستند که از چندین نوع سلّول ساخته شده‌اند. دو نوع از بافتهای مرکّب یعنی بافتهای چوب و آبکش عهده‌دار نقش انتقال آب، یونها و مواد غذایی به صورت محلول در سرتاسر گیاه می‌باشند. بعضی از بافتهای مرکّب به وسیلهٔ مریستم انتهای تولید شده لیکن بیشتر این بافتها در گیاهان چوبی به وسیلهٔ کامبیوم آوندی ایجاد شده که غالباً بآنها بافتهای هادی اطلاق می شود پریدرم که پوست خارجی گیاهان چوبی را تشکیل می دهد بیشتر از سلّولهای چوب پنبه ای تشکیل شده؛ امّا چون دارای مجموعه هایی از سلّولهای پارانشیمی می باشد در این بحث گنجانده شده است.

چوب

که یکی از اجزای مهم سیستم هدایت کننده در گیاهان است، آب و موادّ محلول در آن را به تمام اندامها منتقل می کند. چوب شامل ترکیبی از سلّولهای پارانشیمی، الیاف، آوندهای چوبی تراکئیدها و سلّولهای اشعه می باشد (شکل ۱۰-۴). آوندها، لوله های بلندی هستند که از سلّولهای انفرادی بنام عناصر آوندی ساخته می شوند. این سلّولها در دو انتها باز بوده و گاه ایجاد انتهای غربالی می کنند. تراکئیدها که شبیه عناصر آوندی در هنگام بلوغ مرده هستند در دو انتها دوکی شکل می باشند ولی مانند آوندها باز نیستند. تراکئیدها برهم منطبق نبوده و دیوارهٔ آنها با سلّولهای تراکئید دیگر، تشکیل روزنه می دهند (شکل ۱۱-۴). همان طور که در فصل ۳ توضیح داده شد روزنه های مجاور اجازهٔ تبادل آب را بین سلّولها می دهند. در انواعی از گیاهان مثل مخروط داران تمام چوب تنها از سلولهای تراکئیدها ساخته شده است. دیوارهٔ تعداد زیادی از تراکئیدها ضخامت مارپیچی ایجاد نموده که بسهولت زیر میکروسکپ نوری قابل تشخیص می باشد. بیشتر انتقالات، از انتها به پایین یا بالا صورت می گیرد؛ ولی هدایت مواد به صورت جانبی هم اتفاق می افتد. هدایت جانبی به وسیلهٔ سلّولهای اشعّه انجام می شود. سلّولهای اشعّه که همچنین در ذخیرهٔ موادّ غذایی نقش دارند سلّولهای پارانشیمی با طول عمر زیاد هستند که به صورت افقی به وسیلهٔ اشعّهٔ بنیادی کامبیوم آوندی تولید می شوند. در گیاهان چوبی اشعّه ها به صورت پرتوهایی از مرکز ساقه یا ریشه خارج می شوند مانند پرّه های یک چرخ (شکلهای ۸-۵ و ۱۴-۵).



شکل ۱۰-۴ مناظر طولی سلّولهای چوب هدایت کنندهٔ آب. الف ـ تراکئید. ب ـ عنصر چوب (Vessel) .



شکل ۱۱-۴ روزنه‌ها. فرورفتگی هایی است در دیوارهٔ سلّولی جایی که دیوارهٔ ثانویّه ایجاد نمی‌شود. تعداد آنها در یك دیواره از یك و دو تا چند هزار متغیّر است. آنها همیشه به‌صورت جفت ظاهر می‌شوند و هریك در یك سمت غشای مشترك . بعضی از آنها که روزنه‌های پهلودار نامیده می‌شوند از دیواره بالا آمده و در سطح شبیه دونات می‌مانند، لیکن بعضی دیگر که روزنه‌های ساده نامیده می‌شوند (سمت راست) برجسته نیستند.

آبکش

آبکش (شکل ۱۲-۴) که عمدةً موادّ غذایی محلول را به بخشهای مختلف گیاه هدایت می کند بیشتر، از عناصر آوند آبکش و سلّولهای همراه تشکیل شده است. آبکش از سلّولهای مادر لایهٔ کامبیوم که سلّولهای چوبی را نیز تولید می کنند به وجود می آیند. آبکش مانند چوب دارای الیاف و سلّولهای پارانشیمی و سلّولهای شعاعی می باشد. عناصر آوند آبکش شبیه عناصر چوبی از هردو انتها برهم منطبق بوده و لوله های آبکش را به وجود می آورند. ولی برخلاف عناصر چوبی دیواره های انتهایی کاملاً باز نبوده ولی در عوض پر از منفذهای کوچکی هستند که از درون آنها سیتوپلاسم از سلّولی به سلّول دیگر منتقل می شود. این مناطق منفذدار عناصر آبکش، *صفحات آبکش* نامیده می شوند. عناصر آبکش هنگام بلوغ بدون هسته می باشند، ولی علی رغم این واقعیت سیتوپلاسم آنها برای انتقال موادّ غذایی به صورت محلول در سراسر گیاه بسیار فعّال است. ظاهراً سلّولهای همراه ارتباط خیلی نزدیکی با لوله های آبکش دارند و باعث انتقال غذا می شوند.

شکل ۱۲-۴ یك مقطع طولی از آبکش ساقه اقاقیا (Black locust)

سلّولهای آبکش که در سرخسها و مخروط داران دیده می شوند شبیه عناصر آبکش هستند، با این تفاوت که انتها به انتها قرار نگرفته و لوله های پیوسته ای را ایجاد نمی کنند. سلّولهای آبکش نیز مانند عناصر آبکش فاقد هسته اند و همچنین سلّولهای همراه ندارند، ولی این سلّولها دارای پارانشیمهای مجاوری هستند بنام سلّولهای آلبومینی[1] که ظاهراً عمل آنها مشابه سلّولهای همراه می باشد.

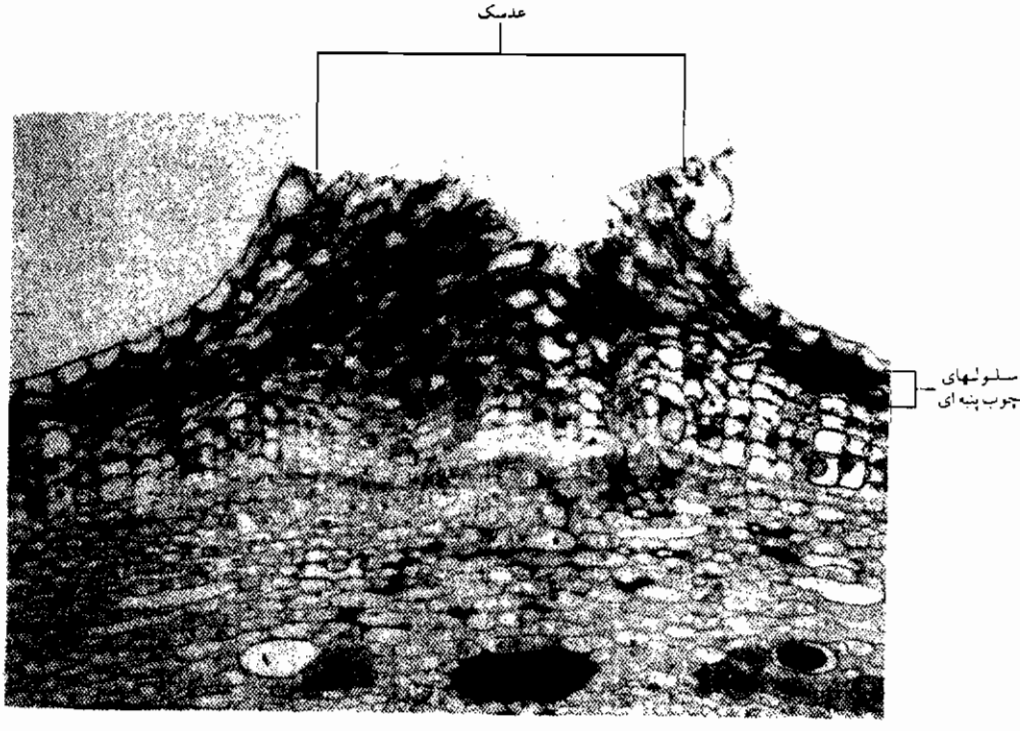
پریدرم

در گیاهان چوبی پس از شروع فعّالیت کامبیوم چوب پنبه بافت پریدرم جانشین روپوست و باعث افزایش قطر ساقه یا ریشه می شود. پریدرم که از سلّولهای مکعّبی شکل و مردهٔ چوب پنبه ساخته شده پوست خارجی را در گیاهان چوبی تشکیل می دهد (شکل ۱۳-۴). هنگامی که پروتوپلاسم سلّولهای چوب پنبه هنوز فعّال هستند موادّ چربی بنام سوبرین روی دیوارهٔ سلّولها ترشّح می شود، باعث شده که چوب پنبه، ضدّ آب شده و به حفاظت سلّولهای زیر پوست کمک می کنند. بعضی از بافتهای چوب پنبه مانند آنچه که در درخت بلوط چوب پنبه ای تولید می شود استفاده های تجاری و صنعتی دارد و برای ساخت درپوش چوب پنبه ای بطریها و واشرهای مخصوص، به کار می رود.

بعضی از بخشهای کامبیوم چوب پنبه مجموعهٔ سلّولهای پارانشیمی را تولید می کنند که به سوبرین آغشته نیستند. این مجموعه های بافتی که از سطح پریدرم بیرون می آیند عدسک نامیده می شوند (شکل ۱۳-۴) و در تبادلات گازی بین هوا و درون ساقه نقش دارند. این عدسکها در پایین شکافهای پوست درختان مشاهده می شوند.

بافتهای گوناگونیکه مورد بحث قرارگرفت در *درختان چوبی* رخ می دهند (شکل ۶-۵).

1- Albuminous cells



شکل ۱۳-۴ پریدرم و عدسک . یك مقطع عرضی از بخش کوچکی از پریدرم آقطی (Elderberry) که یك عدسك بزرگ را نشان می‌دهد.

خلاصه

۱ . گروهی از سلّولها که دارای عمل یکسانی هستند **بافت** نامیده می شوند .

۲ . مریستم انتهایی در نزدیکی رأس ساقه ها و ریشه ها قرار دارد . کامبیوم آوندی و کامبیوم چوب پنبه به شکل استوانه ای در طول ساقه و ریشه قرار می گیرند . مریستم بین بافتی در نزدیکی گرهها در گیاهان علفی وجود دارد .

۳ . بافتهای غیر مریستمی به وسیلهٔ مریستم تولید می شوند، هرکدام دارای یک یا چند نوع سلّول هستند . بافتهای غیر مریستمی شامل پارانشیم، کلانشیم، اسکلرانشیم، بافتهای ترشّحی، روپوست، چوب، آبکش، و پریدرم هستند .

۴. سلّولهای پارانشیم دارای دیواره های نازك هستند، در حالی که سلّولهای کلانشیم زنده و با دیوارهٔ ضخیم و ناهموار، باعث نگهداری و استحکام اندامهای گیاه می شوند.

۵. دو نوع سلّول اسکلرانشیمی وجود دارد، الیاف که دراز و باریکند و اسکلریدها که دارای طول کمی هستند. هردو نوع دارای دیواره های ضخیم بوده و معمولاً هنگام بلوغ، مرده هستند.

۶. بافتهای ترشّحی در مکانهای مختلف گیاه می توانند تشکیل شوند. این بافتها موادّی مانند شهد، موادّ روغنی، موسیلاژی، لاتکس و رزین را ترشّح می کنند.

۷. لایهٔ روپوست معمولاً یک سلّول ضخامت دارد و پوششی از کوتین (که تشکیل کوتیکول را می دهد) سطح آن را می پوشاند. روپوست ممکن است شامل سلّولهای محافظ باشد که اطراف روزنه یعنی استومات را احاطه کند، و همچنین ممکن است دارای تارهای کشنده لوله ای و تک سلّولی در ریشه باشند؛ و کرکهای دیگر که یک یا چند سلّولی بوده و غدّه ها که موادّ محافظت کننده را ترشّح می کنند.

۸. بافتهای مرکّب، بیشتر، از یک نوع سلّول تشکیل شده اند، انواع اصلی این بافتها، چوب، آبکش و پریدرم می باشند.

۹. چوب یا زیلم، آب و موادّ محلول را در سراسر گیاه منتقل می نماید. این بافت شامل مجموعه ای از پارانشیم، الیاف، آوند (کانالهای لوله ای که از عناصر آوند تشکیل شده و روی هم قرار گرفته است)، تراکئید (سلّولهایی که انتهای آنها مسدود بوده و روی هم قرار نمی گیرند) و سلّولهای اشعّه (که در انتقال جانبی مواد نقش دارند) می باشد.

۱۰. آبکش موادّ غذایی را در سراسر گیاه منتقل می کند. این بافت از لوله های آبکش (که از سلّولهایی بنام عناصر آبکش تشکیل شده است)، سلّولهای همراه (که ظاهراً با عناصر آبکش در ارتباطند)، پارانشیم، سلّولهایی اشعّه و الیاف، ساخته شده است. سلّولهای آبکش ویژهٔ سرخسها و مخروط داران روی هم و در امتداد یکدیگر قرار نداشته و با سلّولهای آلبومینی، عمل عناصر آبکش و سلّولهای همراه را در این گیاهان انجام می دهند.

۱۱. پریدرم که شامل سلّولهای چوب پنبه و مجموعهٔ سستی از سلّولها بنام عدسک (برای تبادل گازها) می باشد بخش بیرونی پوست گیاهان چوبی را تشکیل می دهند.

پرسشهای یادآوری

۱. مریستمها در کجا قرار دارند و عملشان چیست؟
۲. چگونه می توان بافتهای پارانشیم، کلانشیم و اسکلرانشیم را از یکدیگر تشخیص داد؟
۳. تفاوت بین روپوست و پریدرم را مشخّص نمایید.
۴. چه نوع موادّی از سلّولهای ترشّحی، ترشّح می شود؟
۵. عمل بافت چوب و بافت آبکش چیست؟ چه نوع سلّولهایی در فعّالیتهای عادی آنها شرکت دارند؟

پرسشهای تشریحی

۱. بیشتر مریستمهای گیاهان، در رؤوس ساقه، ریشه و یا به صورت لایه های استوانه ای درون ساقه و ریشه قرار می گیرند، اگر این مریستمها، در برگ موجود بودند چه اتّفاقی می افتاد؟
۲. کامبیوم به سمت داخل چوب و خارج آبکش تولید می کند. به نظر شما اگر محلّ چوب و آبکش عوض شود تفاوتی ایجاد می گردد؟ چرا؟

منابع اضافی

Cutler, E. F., and K. L. Alvin. 1982. *The plant cuticle.* San Diego, CA: Academic Press.

Cutter, E. G. 1978. *Plant anatomy, Part I: Cells and tissues,* 2d ed. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Co., Inc.

Esau, K. 1988. *Plant anatomy,* 3d ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Fahn, A. 1982. *Plant anatomy,* 3d ed. Elmford, NY: Pergamon Press.

Lloyd, C. W., ed. 1983. *The plant cytoskeleton in growth and development.* San Diego, CA: Academic Press.

Mauseth, J. D. 1988. *Plant anatomy.* Menlo Park, CA: Benjamin/Cummings Publishing Co., Inc.

Metcalfe, C. R., ed. 1969–1982. *Anatomy of the monocotyledons,* 7 vols. Fair Lawn, NY: Oxford University Press.

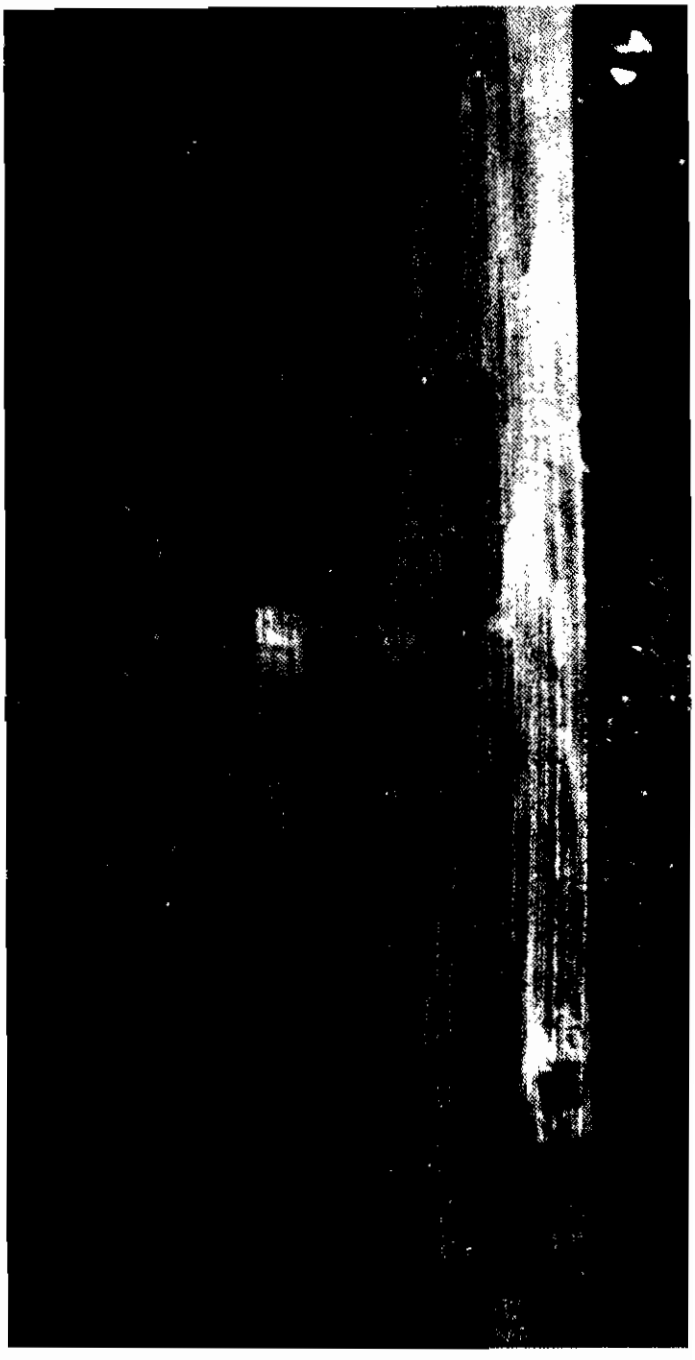
Metcalfe, C. R., and L. Chalk, eds. 1988–1989. *Anatomy of the dicotyledons,* 2 vols. Fair Lawn, NY: Oxford University Press.

Roland, J. C., and F. Roland. 1981. *Atlas of flowering plant structure.* Translated from the French by D. Baker. New York: Longman, Inc.

فصل پنجم ـ ساقه

رؤوس مطالب

برخی اهداف فراگیری
نظر اجمالی
مقدّمه
شکل خارجی یک شاخهٔ چوبی
منشأ و رشد ساقه
الگوهای بافتی ساقه
استوانهٔ مرکزی
ساقه های دولپّه ای علفی
ساقه های دولپّه ای چوبی
ساقه های تک لپّه ای
ساقه های تخصیص یافته
ریزومها
استولونها
غدّه ها
پیازها
کورمها
کلادوفیلها
دیگر ساقه های تخصیص یافته
چوب و استفاده های آن
وزن مخصوص
دوام چوب
انواع برشهای چوب
گرهها
محصولات چوب
خلاصه
پرسشهای یادآوری
پرسشهای تشریحی
منابع اضافی



تنهٔ درخت گونه‌ای از اوکالیپتوس بومی اندونزی و جزایر فیلیپین

فصل پنجم

ساقه

برخی اهداف فراگیری

۱ - شناخت بافتهایی که از رأس ساقه رشد می کنند و شناخت مریستمهایی که بافتها از آنها مشتق می شوند.

۲- تفهیم و ارائه عمل هریک از موارد زیر؛ کامبیوم آوندی، کامبیوم چوب پنبه، روزنه ها و عدسکها.

۳- تشخیص اختلافات بین ساقه های علفی و چوبی اوّلیه با ساقه های تک لپّه.

۴- شناخت ترکیب چوب، حلقه های سالانه، چوب نرم، قلب چوب و پوست. توضیح نحوهٔ بریده شدن چوب برای استفادهٔ تجاری.

۵- شناخت تفاوت بین ریزوم، استولون، غدّه، پیاز، کورم، کلادوفیل و پیچکها.

۶- قراگیری حدّاقل ده مورد استفادهٔ انسان از چوب و ساقه بطور کلّی.

نظر اجمالی

بعد از یک مقدّمهٔ کوتاه، این فصل بطور کلّی منشأ رشد ساقه ها را مورد بحث قرار می دهد. موضوعاتی نظیر مریستم انتهایی، بافتهایی که از آن مشتق می شوند، آثار برگی، کامبیومها، بافتهای ثانویّه و عدسکها را در بر می گیرد. بحث کلّی و توضیحاتی در مورد فرق

بین ساقه های علفی و چوبی دو لپّه ایها و ساقه های تک لپّه ایها ادامه یافته همچنین شامل حلقه های سالانه رشد شعاعها، قلب چوب ، چوب نرم، مجاری رزینی، پوست، شیرابه ها و دسته های آوندی می شود.

سپس انواع ساقه های تخصیص یافته (ریزومها، استولونها، غدّه ها، پیازها، کورمها، کلادوفیلها و غیره) توضیح داده می شوند و نهایةً اشاره ای به اهمیّت اقتصادی چوب و ساقه گیاهان خواهد شد.

مقدّمه

چه هنگامی که شما یک دسته از گلهای سرخ ساقه بلند را به فرد خاصّی هدیه می کنید، یا از خلال دندان استفاده می کنید، یک خانهٔ چوبی می سازید؛ و چه زمانی که روی یک صندلی چوبی می نشینید، روزنامه می خوانید، یا یک واریته از یک درخت میوه را روی دیگری پیوند می زنید، شما احتمالاً به این حقیقت پی برده اید که اینها و فعّالیتهای دیگر بطور مستقیم یا غیر مستقیم با تنهٔ گیاهان در ارتباط هستند. اندامهای گوناگون گیاهی از دوران انسانهای ماقبل تاریخ که از گرزهای چوبی جهت به دست آوردن غذا استفاده می کردند، تا به امروز، بخشی از زندگی انسان را تشکیل داده است.

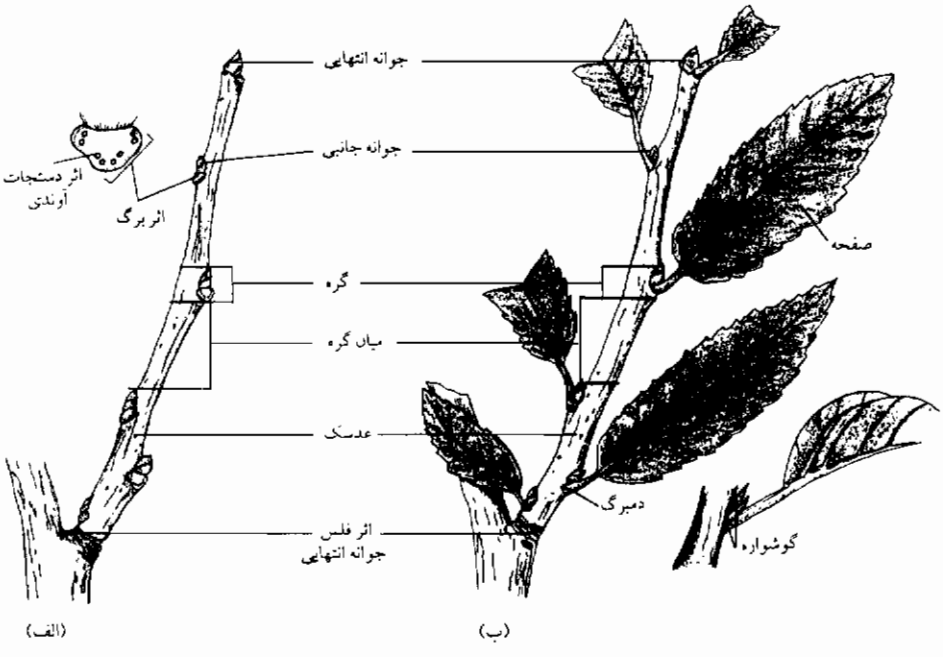
یکی از فعّالیتهایی که هم اکنون اشاره شد یعنی پیوند زدن معمولاً با متصل کردن مصنوعی ساقه ها یا بخشی از آنها بین واریته های مختلف لیکن خویشاوند در ارتباط است. دقّت در اتّصال بافتهای مشخّص برای موقعیّت پیوند بسیار مهم است همان طور که در توضیحات ضمیمهٔ ۴ مشاهده می شود. برای درك این که چگونه و چرا بعضی از پیوندها موفّق است و برخی دیگر ناموفّق، و برای تشخیص این که کدام بخشی برای غذا، لباس، مبلمان، کاغذ و غیره می تواند مورد استفاده قرار گیرد لازم است که ابتدا ساختمان ساقه ها را شناسایی کنیم و عمل هر بافتی را فرا گیریم.

برخلاف جانوران گیاهان قادرند بطور نامحدودی رشد کنند. رشد طولی آنها به وسیلهٔ مریستمهای انتهایی، و رشد قطری توسّط مریستمهای دیگر که صدها و یا هزاران سال ممکن است طول بکشد. در ساقه ها سلّولهای تولیدشده به وسیلهٔ مریستم سیستم ساقهٔ هوایی برافراشته شناخته شده و شاخه ها و برگها را ایجاد می کند؛ ولی در گیاهان خاصّی مانند سرخسها یا چمنهای چندساله این سیستم ساقه ای ممکن است بطور افقی زیر یا در سطح زمینی

رشد نموده و در گیاهان دیگر ساقه ها ممکن است خیلی کوتاه یا نامشخّص باشند بطوری که ظاهراً به نظر می رسد وجود ندارند، در تعدادی از گیاهان نیز ساقه تخصصی شده و در اعمال ویژه ای مانند بالارفتن و یا ذخیرهٔ آب و غذا شرکت می نماید.

شکل خارجی شاخه های چوبی

یک شاخهٔ چوبی اساساً تشکیل شده از یک محور با برگهای متّصل به آن (شکل ۱-۵). برگها ممکن است به شکل مارپیچی روی شاخه قرار گیرند (گفته می شود آرایش متناوب دارند) یا به صورت جفت (آرایش متقابل) قرار می گیرند. برگها گاهی در دستجات سه تایی یا بیشتر قرار می گیرند و به آنها برگهای فراهم (آرایش فراهم) گفته می شود. ناحیه یا منطقه (نه ساختمان) از ساقه که برگها به آن متّصل می شوند **گره** نامیده شده و منطقه ای از ساقه که بین گرهها قرار دارد **میان گره** نامیده می شود. یک برگ معمولاً دارای یک پهنک وسیع و یک پایه بنام دمبرگ است که به وسیلهٔ آن به شاخه اتصال دارد.



شکل ۱-۵ یك شاخهٔ چوبی : الف ـ شاخه درشرایط زمستانی. ب ـ همان شاخه در بهار قبل از آن.

یک جوانه در زاویهٔ بین دمبرگ و ساقه به وجود می آید. این زاویه جانبی است و به جوانه، جوانهٔ جانبی گفته می شود. جوانه های جانبی ممکن است ایجاد انشعاب نموده و یا دارای بافتهایی باشند که تولید گلهای فصل آینده را بکنند. بیشتر جوانه ها ولی نه همهٔ آنها به وسیلهٔ یک یا چندین فلس محافظت می شوند که هنگام شروع رشد بافت می افتند.

در رأس هر شاخه، یک جوانهٔ انتهایی وجود دارد. جوانهٔ انتهایی معمولاً شبیه جوانهٔ جانبی است ولی کمی بزرگتر از آن. برخلاف جوانهٔ جانبی، جوانه انتهایی تولید انشعاب شاخه نمی کند امّا بطور معمول بافتهایی را تولید می کند که در طیّ فصل رشد باعث رشد طولی شاخه می شوند. فلسهای جوانهٔ انتهایی هنگامی که در بهار می افتند اثر یا زخمهایی را در اطراف شاخه ایجاد می کنند. سنّ یک شاخه را می توان به وسیلهٔ شمارش تعداد زخمهای مربوط به فلسهای جوانه تعیین نمود.

گاهی آثاری با منشأ متفاوت برروی شاخه ایجاد می شوند. این آثار از برگهایی به وجود می آیند که دارای یک جفت زایده بنام گوشواره در قاعدهٔ هردمبرگ می باشند. گوشواره ها ممکن است در سراسر عمر برگ باقی بمانند ولی در بعضی از گیاهان هنگام بازشدن جوانه ها در بهار افتاده و تولید آثار گوشواره ای می کنند. این آثار ممکن است شبیه خط سرتاسری باشند که شاخه را احاطه کنند و یا به صورت زخمهای نامشخّص در دوطرف قاعدهٔ دمبرگ قرار داشته باشند.

درختان و درختچه های برگ ریز (آنهایی که برگهایشان در پاییز می ریزد) بعد از ریختن برگ اثر مشخّص برگی دارند که پس از آرایش برگ در بالای آن جوانهٔ جانبی قرار دارد. آثار کوچک دستجات آوندی محلّ عبور مواد غذایی و آب در محلّ آثار برگی مشاهده می شود. در محلّ زخم برگ ممکن است سه دستجات آوندی دیده شود ولی تعداد آنها بستگی به گونهٔ گیاهی دارد. غالباً ممکن است که یک گونهٔ گیاه چوبی را در شرایط زمستانی به وسیلهٔ این آثار شناسایی نمود.

منشأ و رشد ساقه ها

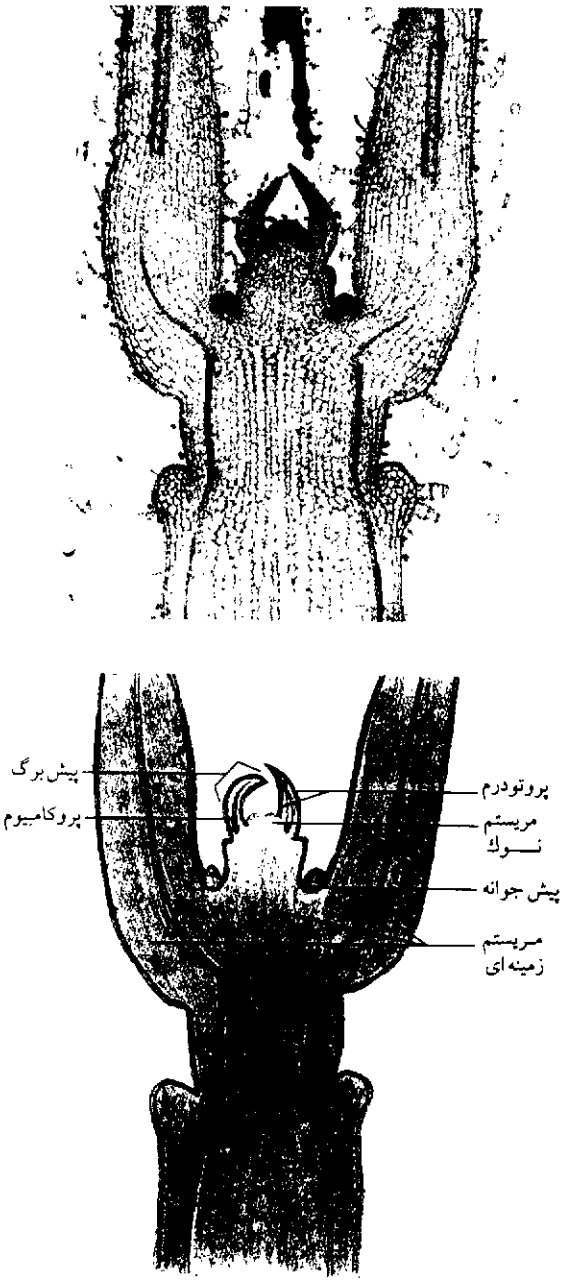
بطوری که در فصل ۴ نشان داده شد. در رأس هر ساقه یک مریستم انتهایی وجود دارد. این مریستم که باعث افزایش طول ساقه می شود قبل از شروع فصل رشد مریستم انتهایی در حالت نهفتگی خواب است. این مریستم توسّط فلسهایی و همچنین تا حدودی به وسیلهٔ

پریموردیومهای برگ یا در حقیقت پیش برگها محافظت می شود. پیش برگها پس از افتادن فلسها و شروع رشد، به برگهای بالغ تبدیل می شوند. مریستم انتهایی ساقهٔ جنینی دانه نیز تا قبل از رویش دانه در حال خواب است.

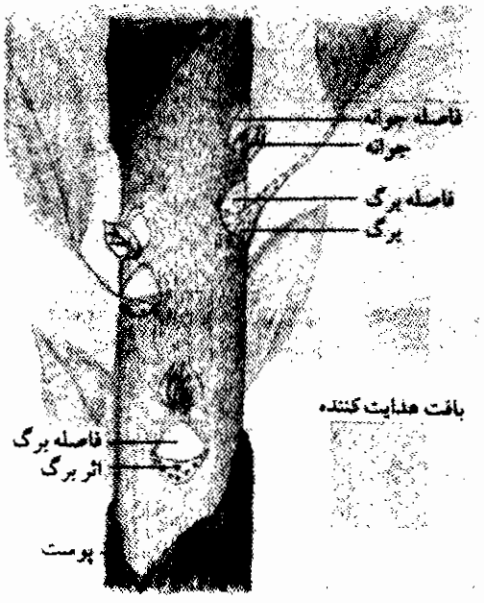
هنگامی که یک جوانه باز می شود و یا یک دانه رویش می کند، سلّولهای مریستم انتهایی وارد تقسیمات میتوزی شده و بزودی سه مریستم اوّلیه را ایجاد می نمایند (به شکل ۱-۴ مراجعه شود). خارجیترین این مریستمهای اوّلیه که پروتودرم می باشد روپوست را می سازد. مطابق توضیحات فصل چهار، روپوست معمولاً به ضخامت یک لایهٔ سلول است و به وسیلهٔ یک لایهٔ نازك چربی بنام پوستک (کوتیکول) محافظت می شود. در بخش درونی پروتودرم استوانهٔ نازکی بنام پروکامبیوم وجود دارد. (پروکامبیوم سلّولهای چوب اوّلیه و سلّولهای آبکش اوّلیه را تولید می کند).

باقی ماندهٔ بافت مریستم بنام مریستم زمینه ای است. این مریستم تولید دو بافتی را می کند که از سلّولهای پارانشیمی ساخته شده اند. بافتِ پارانشیمی مرکز ساقه مغز ساقه است. سلّولهای مغز تمایل دارند خیلی بزرگ شوند ولی پس از مدّت کوتاهی متلاشی و له می شوند و یک استوانهٔ توخالی را باقی می گذارند. از آن جایی که بافتهای جدید توسّط مریستمهای دیگر ایجاد می شوند و به قطر ساقه می افزایند، سلّولهای مغز ممکن است در مرکز له شوند (مخصوصاً در گیاهان چوبی). بافت دیگری که به وسیلهٔ مریستم زمینه ای تولید می شود پوست می باشد. پوست ممکن است وسعتی بیش از مغز پیدا کند ولی در گیاهان چوبی پوست نیز امکان دارد له شده و توسّط بافتهای جدیدی که از داخل تولید می شوند جایگزین شود. عمل پارانشیمهای مغز و پوست ذخیره موادّ غذایی است و در مواقعی که دارای کلروپلاست هستند تولید موادّ غذایی نیز می باشد.

تمام پنج بافتی که به وسیلهٔ مریستم انتهایی تولید می شوند (روپوست، چوب اوّلیه، آبکش اوّلیه، مغز و پوست) مادامی که ساقه در حال رشد طولی است به آنها بافتهای نخستین یا اوّلیه گفته می شود. به موازاتی که این بافتهای اوّلیه تولید می شوند پریموردیومهای برگ و جوانه به برگها و جوانه های بالغ رشد می کنند (شکل ۲-۵). همچنان که برگ و جوانه رشد می کنند یک دسته آوندی چوب و آبکش بنام اثر (رد) آوندی از استوانهٔ آوندی ساقه منشعب شده از ساقه امتداد پیدا کرده وارد برگ و جوانه می شود. هنگامی که رد آوندی برگ و جوانه ایجاد می شود در استوانهٔ آوندی اصلی فاصله ای شبیه ناخن شست برجا گذاشته می شود. این فاصله ***شکاف برگی*** یا ***شکاف جوانه*** نامیده می شود (شکل ۳-۵).



شکل ۲-۵ یک مقطع طولی نوک ساقهٔ حسن یوسف



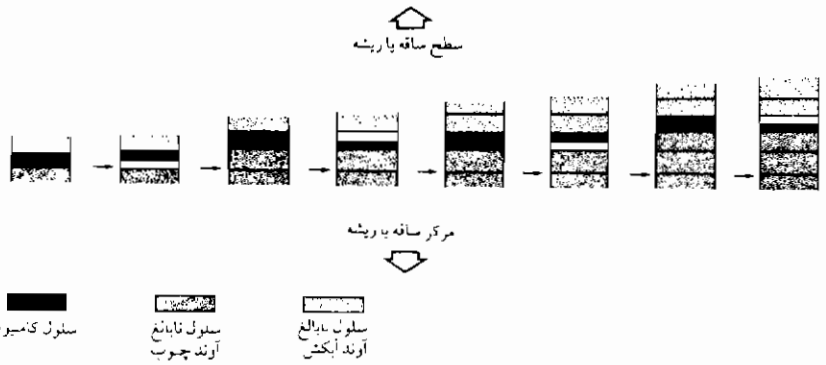
شکل ۳-۵ بخشی از یك ساقهٔ جوان که درآن فواصل برگی و فواصل جوانه‌ای را در استوانهٔ بافتهای آوندی نشان می‌دهد.

یک ردیف باریک سلّول بین چوب اوّلیه و آبکش اوّلیه می تواند طبیعت مریستمی خود را حفظ نماید و بنام کامبیوم آوندی موسوم است (برای سادگی به آن کامبیوم گویند). سلّولهای کامبیوم بطور نامحدودی به تقسیم شدن ادامه می دهند. این تقسیمات غالباً به صورت موازی یا مسطّح می باشد. بافتهای ثانویه از کامبیوم آوندی تولید می شوند؛ بنابراین، بجای رشد طولی به قطر افزوده می شود (شکل ۴-۵).

اگر شخصی میخی را به درختی بکوبد و آن را در مدّت چندین سال مشاهده کند تفاوت بین فعّالیت مریستم انتهایی و کامبیوم آوندی آشکار می شود. میخ ممکن است در حقیقت به وسیلهٔ تنهٔ درخت در نتیجهٔ رشد قطری آن احاطه شود ولی همیشه در همان ارتفاع از سطح زمین باقی می ماند زیرا سلّولهایی که مسؤولیت افزایش طول ساقه را بر عهده دارند فقط در نوك ساقه تولید می شوند.

سلّولهایی که به وسیلهٔ کامبیوم آوندی تولید می شوند به تراکئیدها، آوندها، فیبر و اجزای دیگر چوب ثانویّه (به سمت داخل و مرکز مریستم) تبدیل می شوند و یا به عناصر آبکش،

سلّولهای همراه و قسمتهای دیگر آبکش ثانویّه (به سمت خارج و سطح مریستم) تبدیل می شوند. عمل این بافتهای ثانویّه، انتقال مواد است، بطوری که چوب ثانویّه ، آب و املاح را هدایت می کنند، در حالی که آبکش ثانویّه موادّی که به وسیلهٔ فتوسنتز در سراسر گیاه ساخته می شود به صورت محلول هدایت می کند.



شکل ۴-۵ نمایشی از طرز ایجاد آبکش ثانویّه به سمت بیرون و چوبی ثانویّه به سمت درون به وسیلهٔ سلّول کامبیوم آوندی. در مقطع عرضی مشخص می شود که چگونه لایهٔ کامبیوم تدریجاً در نتیجهٔ تشکیل سلّولهای جدید از مرکز فاصله می گیرد. در رشد ثانویّه آبکش قبل از چوب ایجاد می شود.

در بسیاری از گیاهان چوبی، کامبیوم دیگری درون چوب به وجود می آید و یا در بعضی نمونه ها از روپوست یا آبکش تولید می گردد. این کامبیوم، کامبیوم چوب پنبه یا فلوژن نامیده می شود. کامبیوم چوب پنبه سلّولهای مکعّبی چوب پنبه ای را ایجاد می کند که به وسیلهٔ سوبرین اشباع شده اند. سوبرین مادّهٔ چربی است که مانع نفوذ رطوبت به سلّولها می شود. سلّولهای چوب پنبه ای که همه ساله به صورت لایه های استوانه ای تولید می شوند، مدّت کوتاهی بعد از تشکیل می میرند. کامبیوم چوب پنبه همچنین ممکن است سلّولهای شبه پارانشیمی فلودرم را به سمت داخل ایجادکند. بافت چوب پنبه، پوست خارجی گیاهان چوبی را تشکیل می دهد. عمل این بافت، کاهش تبخیر و محافظت در برابر آسیبهای مکانیکی است (بحث پریدرم فصل ۴).

بافت چوب پنبه ای، مانع رسیدن آب و موادّ غذایی به روپوست می شود. بدین جهت روپوست بزودی می میرد و تخریب می شود. در حقیقت اگر چوب پنبه قرار بود به صورت

یک استوانهٔ محکم و نفوذناپذیر تمام ساقه را بپوشاند، تبادل گازهای حیاتی به درون ساقه متوقّف می شد. در ساقه های جوان تبادل چنین گازهایی از میان روزنه های موجود در روپوست امکان پذیر است (به شکلهای ۶-۷ و ۷-۹ مراجعه شود). در ساقه های چوبی مسن عدسکها (به شکل ۱۳-۴ مراجعه شود) در زیر روزنه ها ایجاد می شوند. همزمان با تولید چوب پنبه، سلّولهای زیر عدسکها پارانشیمی باقی می مانند بنابراین، تبادلات گازی (که در فصل ۴ اشاره شد) مانند اکسیژن و دی اکسید کربن می تواند از فضاهای بین سلّولی ادامه یابد. عدسکها در شکافهای پوست درختان مسن وجود دارند و روی پوستهای جوانتر غالباً به صورت برآمدگیهای کوچکی ظاهر می شوند. در درختان گیلاس و غان، عدسکها آشکارا در ردیفهای افقی دیده می شوند.

الگوهای بافتی ساقه

استوانهٔ مرکزی

چوب نخستین، آبکش نخستین و مغز تشکیل استوانهٔ مرکزی (استیل) را حدّاقل در ساقه و ریشه های جوانتر می دهند. ساده ترین شکل استوانهٔ مرکزی پروتو استیل نامیده می شود که به صورت توده ای از بافتهای هادی است و معمولاً آبکش چوب را احاطه کرده است. پروتو استیل معمولاً در گیاهان دانه دار ابتدایی وجود داشته که از بین رفته اند و همچنین درخویشاوندان سرخسها مثل پسیلوتومها و پنجهٔ گرگیان دیده می شوند (به فصل ۲۰ مراجعه شود). سیفونو استیل به شکل لوله ای است که در وسط آن مغز پارانشیمی قرار دارد و در بیشتر سرخسها وجود دارد.

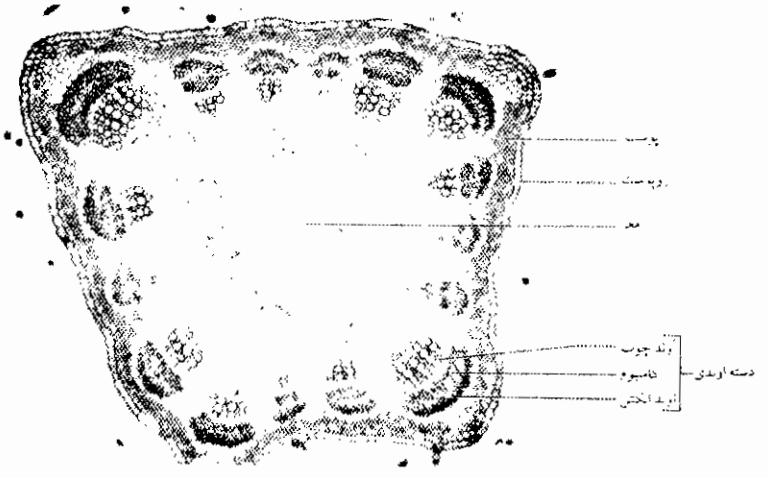
اکثر گیاهان گلدار امروزی و منحروط داران یو استیل دارند که در آن چوب اوّلیه و آبکش اوّلیه بطوری که در زیر خواهد آمد در دستجات آوندی هستند.

گیاهان گلدار، از دانه هایی به وجود می آیند که دارای یک یا دو برگ متّصل به دانه بنام لپّه می باشند (فصلهای ۱۱و۲۲)، در حالی که دانه های منحروط دارانی نظیر کاج دارای چندین لپّه (معمولاً ۸) هستند. عمل لپّه ها ذخیرهٔ موادّ غذایی موردنیاز گیاهچه است تا زمانی که اوّلین برگهای اصلی شروع به فتوسنتز کنند. گیاهان گلداری که از دانه های دارای دو لپّه رویش می کنند دو لپّه ای نامیده می شوند (Dicot.)، در صورتی که آنهایی که از دانه های واجد یک لپّه رشد می کنند تک لپّه ای (Monocot.) نامیده می شوند. دو لپّه ایها و تک لپّه ایها، از جنبه های

دیگر نیز با هم اختلاف دارند، اختلافات موجود در ساقه های آنها در بخشهای بعد مورد توجّه قرار خواهد گرفت. خلاصه ای از این تفاوتها بین تک لپّه ایها و دو لپّه ایها در جدول ۱-۸ ارائه شده است.

ساقه های دو لپّه ایهای علفی

بطور کلّی گیاهانی که چرخهٔ زندگی خود را در یک سال (یک ساله) کامل می کنند دارای ساقه های علفی سبز (غیر چوبی) هستند. بافتهای آنها اوّلیه می باشد اگرچه کامبیومها ممکن است مقداری بافت ثانویّه تولید کنند. ساقه های دولپّه ایهای علفی، دارای چوب و آبکش در دستجات می باشند (شکل ۵-۵) که به صورت حلقه ای قرار گرفته و پوست را از مغز جدا می کنند، اگرچه در تعدادی از گیاهان (مانند گل انگشتانه) چوب و آبکش، حلقه های ممتدی را تشکیل می دهند. همان طور که قبلاً گفته شد پروکامبیوم فقط چوب و آبکش اوّلیه را تولید می کند. لیکن بعداً یک کامبیوم آوندی بین این دو بافت اوّلیه به وجود می آید که چوب و آبکش ثانویّه را به دستجات آوندی اضافه می کند. در بعضی از گیاهان کامبیوم آوندی توسعه یافته به شکل یک حلقه باریک بافتهای هادی را درون و سلّولهای پارانشیمی را بین دستجات تولید می کند. در گیاهان دیگر، کامبیوم محدود به دستجات شده و هرکدام از دستجات یک ردیف کوچک از این بافت مریستمی را بین چوب و آبکش دارا می باشند.

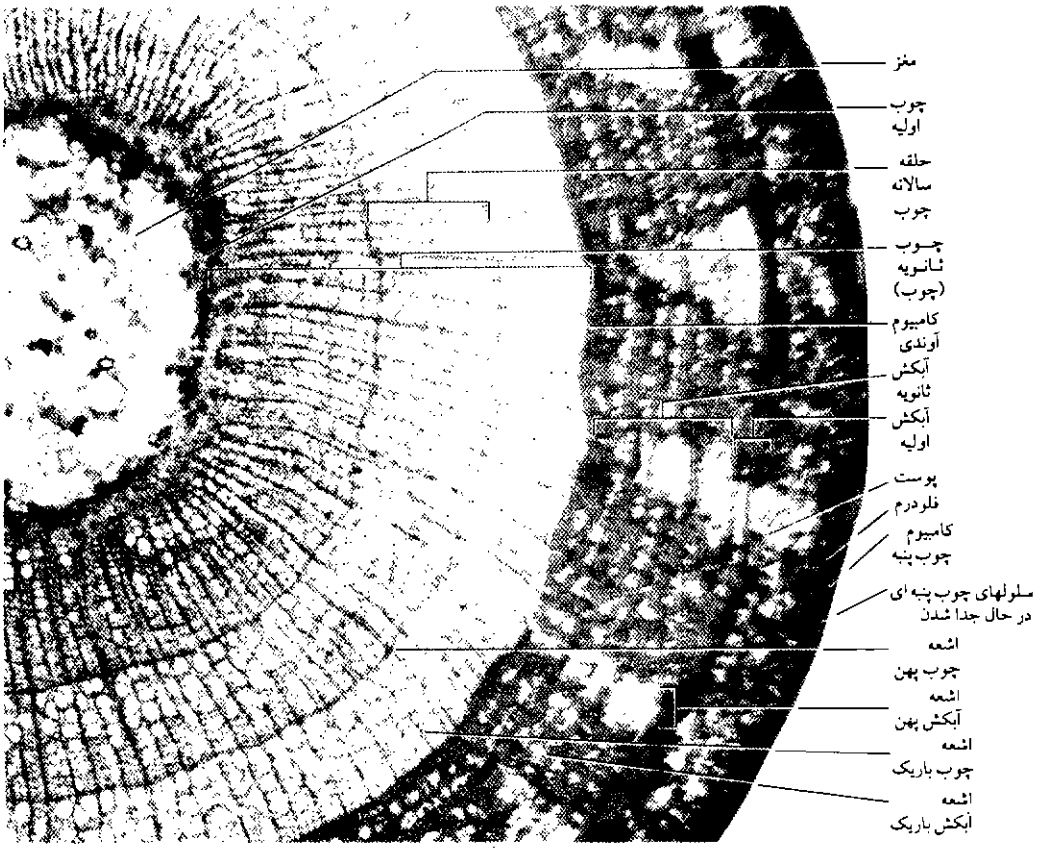


شکل ۵-۵ یک مقطع عرضی از ساقهٔ یونجه. این مقطع، آرایش بافتها را که خاص ساقه دولپّه ای علفی است نشان می دهد.

ساقه های دو لپّه ای چوبی

آرایش بافتهای اوّلیه در ساقه گیاهان چوبی دو لپّه (همچنین مخروط داران) در طّی مراحل اوّلیهٔ رشد خیلی شبیه ساقه های دو لپّه ایهای علفی است. ولی به محض این که کامبیوم آوندی و کامبیوم چوب پنبه شروع به فعّالیت کردند اختلافات آشکاری ظاهر می شود که بارزترین آنها در رابطه با چوب ثانویّه است (شکل ۶-۵). بعضی از درختان گرمسیری (مانند خرمالو) که کامبیومهای آوندی و چوب پنبهٔ آنها در تمام سال فعّال هستند چوب یکنواختی تولید می کنند. چوب بیشتر درختان در هر صورت رشد فصلی را به نمایش می گذارند. درختان اقلیمهای معتدله، تمام رشد خود را در بهار و تابستان انجام داده و در بقیّهٔ سال، رشد متوقّف می شود.

وقتی که کامبیوم آوندی در یک درخت برگ پهن نمونه ابتدا در بهار فعّال می شود، آوندهای چوبی نسبةً بزرگی در چوب ثانویّه تولید می شود. چنین چوبی، به چوب بهاره معروف است. با گذشت فصل کامبیوم آوندی ممکن است آوندهای چوبی با قطر بسیار کمتری را تولید کند، و یا ممکن است تعداد این آوندها نسبت به تراکئیدها کمتر بشود، بطوری که تراکئید (گاهی هم الیاف) فراوانتر دیده شوند. این چوب که بعد از چوب بهاره تولید شده آوندهای چوبی کوچکتر و کمتر و تراکئیدهای بیشتری دارد بنام چوب تابستانه می باشد. پس از چندین سال پیاپی حاصل این نوع تفاوت بین رشد بهاره و تابستانهٔ یک سری از دوایر متّحدالمرکزی از سلّولهای روشن و تیره می باشد. مقدار رشد چوب در هر سال را حلقهٔ سالانه گویند. بایستی توجّه داشت که یک حلقهٔ سالانه بطور کلّی ممکن است شامل تعدادی لایه های سلّولهای چوبی شود. تمام این لایه ها که در یک فصل رویشی تولید می شوند یک حلقهٔ سالانه را می سازند (نه تنها لایه های تیره).

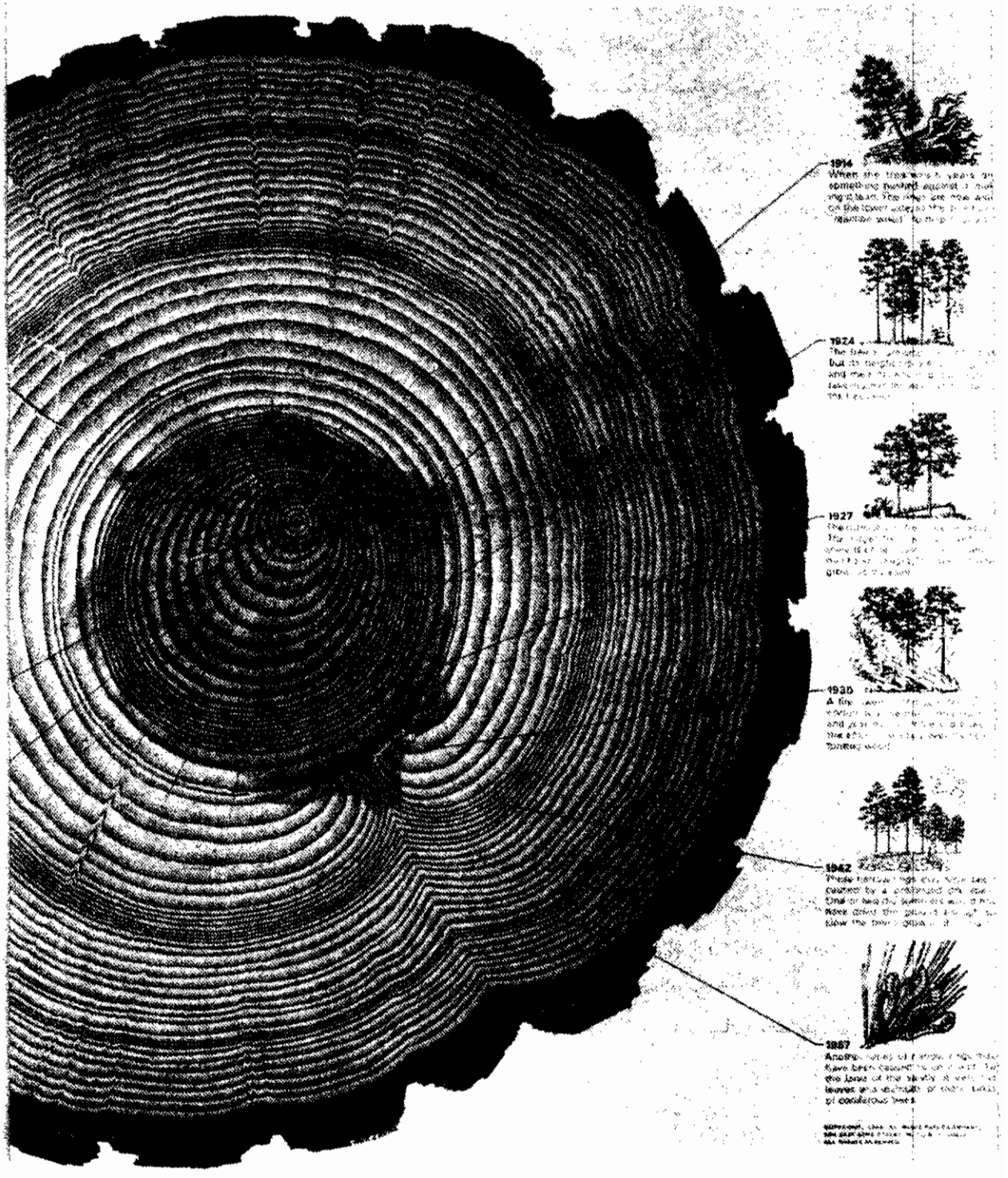


شکل ۶-۵ بخشی از مقطع عرضی ساقهٔ جوان نمدار.

کامبیوم آوندی، چوب ثانویهٔ بیشتری را نسبت به آبکش ثانویه تولید می کند. علاوه براین، سلولهای چوب دیواره های سخت تری نسبت به آبکش دارند. بنابراین، کمتر تحت تأثیر فشار تخریب می شوند. در نتیجه می توان گفت که اکثر حجم تنهٔ درخت در نتیجهٔ حلقه های سالانهٔ چوب ثانویه تشکیل شده است. حلقه های سالانه نه تنها سنّ درخت را نشان می دهند (چون هر سال تنها یک حلقه رشد می کند) بلکه آنها می توانند شرایط محیطی و اقلیمی را که گیاه در طول زندگی خود گذرانیده است به ما بازگو نمایند (شکل ۷-۵). به عنوان مثال اگر در یک سال بارندگی بیشتر از حدّ معمول باشد حلقهٔ سالانه آن سال از حدّ طبیعی وسیعتر است. گاهی کرمهای ساقه خوار یا ملخها که مدّت کوتاهی پس از پیدایش برگها باعث از بین رفتن آنها می شوند چون در این شرایط رشد خیلی کمی صورت می گیرد در نتیجه دو حلقهٔ سالانه خیلی نزدیک به هم قرار خواهند گرفت.

اگر آتش سوزی رخ دهد ولی باعث از بین رفتن درخت نشود احتمال دارد اثر سوختگی به صورت شکافهایی در مجاور یک حلقه ظاهر شود. بدین طریق ممکن است بتوان زمان وقوع آتش سوزی را تعیین نمود. آخرین رشد فصلی مستقیماً مجاور کامبیوم آوندی قرار دارد، فقط کافی است حلقه های بعد از آن شمارش شده و بدین صورت پی به سال آتش سوزی برد. برای تعیین سنّ درخت، نیاز به بریدن آن نیست. گیاه شناسان و جنگل بانان از دستگاههای سوراخ کننده ای برای این منظور استفاده می کنند. در این شیوه یک قطعهٔ میله ای شکل از چوب درخت را عمود بر تنهٔ آن بر می دارند. حلقه های سالانه سپس در این قطعه چوب شمارش می شود. سوراخ کوچک باقی مانده روی تنهٔ درخت را پس از آن با موادّ ضدّعفونی کننده پر می کنند تا از ورود بیماری به آن جلوگیری شده و به درخت آسیبی وارد نشود.

شمارش حلقه های سالانه حداقل در یک مورد باعث تعجّب بعضیها شده است. بلوط هوکر واقع در جامعهٔ چیکو کالیفرنیا به افتخار گیاه شناس مشهور بریتانیایی که سنّ آن را تعیین کرد نام گذاری شد و تا سال ۱۹۷۷ قبل از نابودی اش درخت عظیمی بود و بازدیدکننده های فراوانی داشت. تابلو کوچکی در زیر درخت نصب شده بود، که نشان می داده است درخت بیش از هزار سال عمر داشته است. ولی شمارش حلقه هایش پس از مرگ آن نشان داد که سنّ آن نزدیک به ۳۰۰۰ سال بوده است.


1914
1924
1927
1935
1942
1957

این درخت از میان سالهای آتش‌سوزی، و خشك سالی و شرایط مساعد و نا مساعد گذشته است و همه اینها در حلقه‌های رشد آن ثبت شده است، هر بهار و تابستان یك درخت لایه‌های چوب جدیدی را به‌تنهٔ خود اضافه می‌نماید. چوبی که در بهار ایجاد می‌شود خیلی سریع رشد می‌کند و سبکتر است به‌علت این که از سلّولهای بزرگی ساخته شده است. درتابستان رشد کندتر صورت می‌گیرد لذا سلّولهای چوب کوچکتر و تیره‌تر هستند. بنابراین، هنگامی که درخت بریده می‌شود لایه‌ها به‌صورت حلقه‌های روشن و تیره متناوب ظاهر می‌شوند.

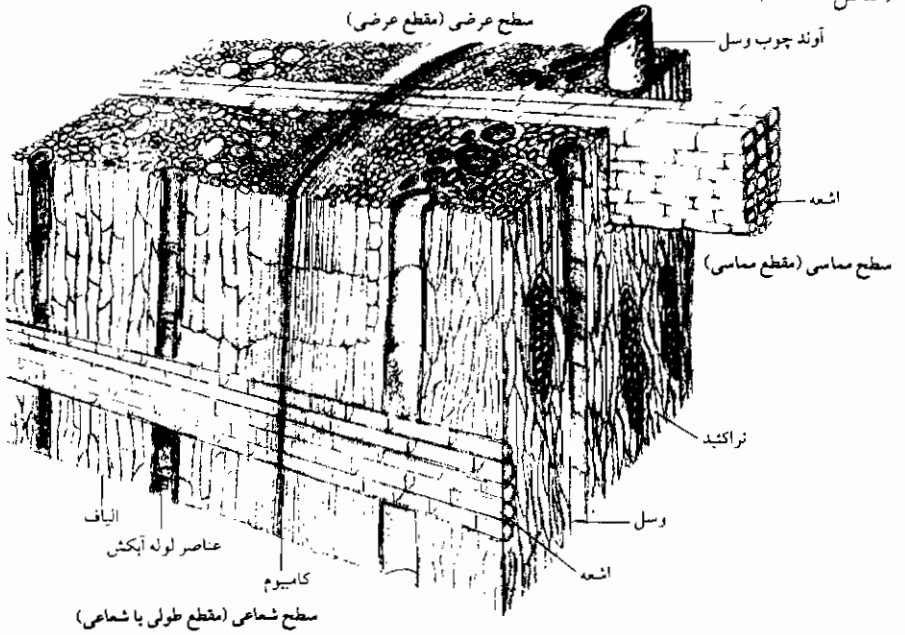
از طریق شمارش حلقه‌های تیره می‌توان سنّ گیاه را مشخّص نمود. اگر حلقه‌ها را با دقّت بیشتری مطالعه کنید اطّلاعات بیشتری به‌دست خواهید آورد. در رشد درخت، بسیاری از چیزها تأثیر می‌گذارند؛ بنابراین شکل، کلفتی، رنگ و نظم حلقه، تحت تأثیر این عوامل تغییر می‌نماید.

برای رجیس مقدس (St Regis) این حلقه‌ها هرکدام معنی خاصّی دارند. اینها افزایش دایمی الیافی هستند که برای کاغذهای چاپی و یادداشتهای با ارزش مورد استفاده قرار گرفته‌اند و همچین برای دیگران ، کاغذها ، تخته‌ها ، جعبه‌های بسته‌بندی، مواد و مصالح ساختمانی و محصولات دیگر را تهیّه نموده‌اند.

بنابراین، حیات جنگل یعنی زندگی رجیس مقدّس ؛ ولذا بدین دلایل ما و بقیه اعضای صنایع چوب و محصولات جنگل‌بطور جدّی طالب حفظ زیبایی جنگلها برای نسلهای آینده هستیم.

شکل ۷-۵ تاریخچهٔ آب و هوایی، در یك مقطع عرضی درخت ۶۲ ساله نشان داده شده است.

وقتی که یک تنهٔ درخت در مقطع عرضی مطالعه می شود رگه ها یا خطوط روشنتری که اشعّه نامیده می شوند می توانند مشاهده شوند که به صورت شعاعی درون حلقه های سالانه قرار دارند (به شکلهای ۸-۵ و ۱۴-۵ مراجعه شود). بخشی از اشعّه که درون آوندهای چوبی قرار دارد ***اشعّهٔ چوبی***، و آن قسمت که درون آوندهای آبکش گسترش پیدا کرده است ***اشعّهٔ آبکش***نامیده می شوند. در درختان نمدار اشعّهٔ آبکش هنگامی که در مقطع عرضی مشاهده می شود از ضخامت ۲ یا ۳ سلّول نزدیک کامبیوم شروع شده تا تعداد زیادی سلّول در مجاور پوست گسترش می یابد (شکل ۶-۵). در برش طولی اشعّه از ۲ یا ۳ سلّول تا ۵۰ سلّولی ممکن است عمق داشته باشد. ولی در بیشتر درختان قطر اشعّه های چوب و آبکش ۱ یا ۲ سلّول بیشتر نیست. اشعّه، سلّولهای پارانشیمی هستند که ممکن است برای ۱۰ سال یا بیشتر زنده بمانند. عمل آنها انتقال جانبی مواد غذایی و آب و همچنین ذخیرهٔ موادّ غذایی می باشد. سلّولهای اشعّه هنگام بریده شدن یک ساقهٔ چوبی در مقطع عرضی و هنگامی که از طول در امتداد یک اشعّه بریده شوند می توانند مشاهده شوند(شکل ۸-۵). منظرهٔ دیگر اشعّه هنگامی که ساقه از سطح مماس (سطح مماسی) بریده شود حاصل می گردد (یعنی بریدن از طول و دور از مرکز) (شکل ۱۴-۵).



شکل ۸-۵ منظرهٔ بزرگ شدهٔ سه مقطع از یك قطعه چوب سخت.

بتدریج که درخت مسّن می شود، پروکوپلاست بعضی از سلّولهای پارانشیمی طرف آوندها و تراکئیدها از طریق روزنه های دیوارهٔ این عناصر هادی نفوذ کرده و ایجاد برآمدگیهایی را درون حفرات این عناصر می نماید. البتّه تا زمانی که بیشتر حفرهٔ آوندی و تراکئید پر نشده به رشد خود ادامه می دهند، ولی چنین حالتی که به *تیلوز* معروف است از هدایت بیشتر آب و موادّ محلول آن جلوگیری می نماید. در چنین مواقعی زرینها، صمغها، تانّنها و رنگدانه ها شروع به انباشته شدن نموده و رنگ چوب را تیره می کنند. این چوب مسن و تیرهٔ مرکزی بنام **قلب چوب** نامیده می شود. در حالی که به قسمت روشنتر که نزدیک کامبیوم قرار دارد و هنوز به عنوان آوند چوبی فعّال است چوب فعّال گفته می شود. قلب چوب، تنها باعث استحکام و مقاومت گیاه می باشد و هیچ مادّه ای را هدایت نمی کند. بنابراین، یک درخت ممکن است بعد از این که قلب چوب پوسیده شد و از بین رفت و حتّی اگر درون گیاه خالی شود به حیات خود ادامه دهد (شکل ۹-۵). حتّی امکان دارد بخشی از چوب فعّال و یا بافتهای دیگر را برداشت و ظاهراً تأثیر زیادی بر رشد درخت ندارد. این عمل، با درختان غول پیکری نظیر درخت چوب سرخ سواحل کالیفرنیا انجام شده و بعضی از حفره ها به قدری بزرگند که یک اتومبیل می تواند از میان آن بگذرد بدون این که درخت بمیرد.

چوب فعّال تقریباً به موازات قلب چوب رشد می کند؛ بنابراین، برای اعمال حیاتی هدایت و جریان مواد همیشه برقرار است، ولی ضخامت نسبی دونوع چوب از گونه ای تا گونهٔ دیگر بطور قابل ملاحظه ای متفاوت است. برای مثال در درخت لابرنوم (بومی اروپا و عضوی از خانوادهٔ نخود)، چوب فعّال معمولاً فقط یک یا دو حلقهٔ قطر دارد؛ در حالی که در چندین درخت آمریکای شمالی (نظیر افرا، زبان گنجشک، و ممرز) چوب فعّال ممکن است چندین حلقه ضخامت داشته باشد.

آوندهای چوبی درختان مخروط دار مانند کاجها (به فصل ۲۱ مراجعه شود) عمدهٔ شامل تراکئیدها می باشند و فاقد آوندهای چوبی و فیبر هستند. بنابراین، چوب آنها نرمتر از چوب درختان واجد فیبر می باشد و معمولاً **چوب نرم** نامیده می شوند. در حالی که چوب درختان دولپّه معروف به **چوب سخت** است. در تعدادی از درختان مخروط دار کانالهای رزین، نه تنها در چوب وجود دارد بلکه در سراسر بافتهای دیگر تجمع دارند. این کانالها، لوله ای شکل بوده و ممکن است بدون انشعاب و یا دارای انشعاب باشند. در کنار این کانالها سلّولهای تمایز یافته ای قرار گرفته که به درون کانال رزین ترشّح می کنند (فصل ۲۱) (شکل ۱۰-۵). اگرچه

کانالهای رزین معمولاً مربوط به درختان مخروط دار می باشد لیکن این کانالها در درختان دیگر نیز ممکن است وجود داشته باشند. به عنوان مثال، درختان گلدار گرمسیری نظیر بوسولیا و کومیفورا در پوست خود دارای مجاری رزین هستند که رزین نرمی را تولید می کند.

شکل ۹-۵ یك درخت باوباب استرالیایی که تخمین زده می‌شود ۲۰۰۰ سال عمر دارد. تنهٔ توخالی آن، زمانی عنوان زندان شهر را داشت.

در حالی که کامبیوم آوندی به سمت داخل چوب ثانویّه تولید می کند، آبکش ثانویّه به سمت خارج ایجاد می شود. واژهٔ پوست معمولاً به تمام بافتهای خارج کامبیوم به همراه آبکش اطلاق می شود. بعضی دانشمندان پوست داخلی که شامل آبکش اوّلیه و ثانویّه است از پوست خارجی (پریدرم) یعنی بافت چوب پنبه و لایه زاینده آن متمایز می نمایند. با حضور فیبرها، سلّولهای هادی دیوارهٔ نازك آبکش معمولاً قادر نیستند برای چندین فصل فشار حاصل از هزاران سلّول تازه تولید شده داخل را تحمّل کنند لذا لایه های مستر له شده و غیرفعّال می شوند.

شکل ۱۰-۵ کانالهای ترشّح رزین در بخشی از ساقهٔ کاج

سلّولهای پارانشیمی پوست خارج آبکش نیز به صورت کوتاه مدّتی فعّالند زیرا آنها نیز له می شوند. ولی قبل از ناپدید شدنشان کامبیوم چوب پنبه شروع به تولید چوب پنبه می کند. چون بافتهای جدید چوب و آبکش تولید شده به وسیلهٔ کامبیوم آوندی تا سمت داخل آبکش مسن

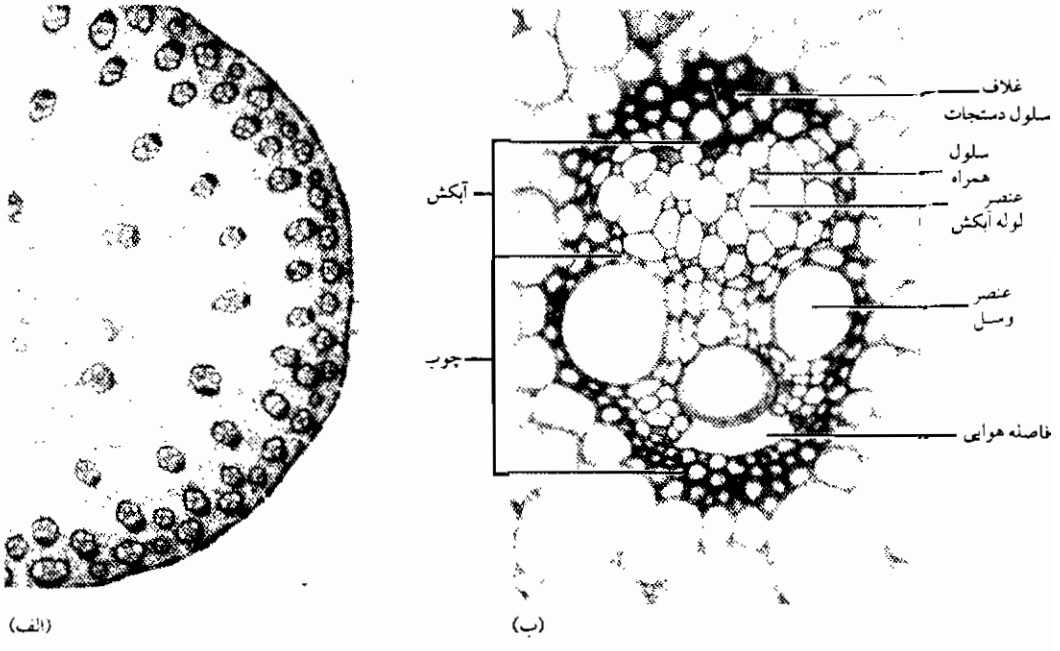
پیش روی می کنند؛ بنابراین، پوست بالغ ممکن است دارای لایه های متناوبی از آبکش و چوب پنبهٔ له شده باشد. لایه های جوانتر آبکش نزدیک کامبیوم از طریق لوله های آبکش، قندها و دیگر موادّ محلول را از نقطه مبدأ در برگها تا بخشهای مختلف گیاه، که آنها را ذخیره کرده و یا در فرایند تنفّس (به فصل ۱۰ مراجعه شود) مورد استفاده قرار می دهند، منتقل می نمایند. این محتویات قندی آبکش به وسیلهٔ قبایل سرخ پوست آمریکای شمالی شناخته شده بود. زیرا بعضی از آنها کامبیوم و آبکش جوان درختان صنوبر داگلاس را برهنه کرده و از خشک شدهٔ آنها به عنوان غذای زمستانی یا در شرایط اضطراری استفاده می کردند.

سلّولها یا مجاری اختصاص یافته ای بنام شیرابه بر در حدود ۲۰ خانواده از گیاهان گلدار چوبی و علفی یافت می شود. این سلّولها در آبکش فراوانند ولی در سراسر بخشهای گیاه ممکن است وجود داشته باشند. شیرابه برها شبیه آوندها هستند و شبکهٔ منشعب و گسترده ای از سلّولهای ترشّح کننده، شیرابه را تشکیل می هند که از ردیفهایی از سلّولهای مریستمی ایجاد می شوند؛ ولی برخلاف سلّولهای آوندی این سلّولها زنده می مانند و ممکن است دارای هسته های متعدّدی باشند. شیرابه، مایعی سفت است و به رنگهای سفید، زرد، نارنجی یا قرمز بوده و دارای موادّی نظیر صمغ، پروتئین، قند، چربی، نمک، ترکیبات الکالوئیدی، آنزیمها و غیره است. عمل آنها در گیاه مشخّص نیست، اگرچه برخی معتقدند که آنها در ترمیم زخمها مؤثّرند. بعضیَ شیرابه ها صورت تجاری دارند (به توضیح خانوادهٔ قرفیون در فصل ۲۳ مراجعه شود). در میان این مواد، لاستیک مهمترین آنهاست. سرخ پوستان آمازون از لاستیک جهت تهیّهٔ توپ و ظروف استفاده می کردند و این کار، صدها سال قبل از آن بود که درخت لاستیک به منظور استفادهٔ تجاری لاستیک کشت شود. از درخت آکراس(Achras) شیرابه ای جهت استفاده در آدامس تولید می شود. چند نوع شقایق بویژه خشخاش تولید شیرابه ای محتوی موادّ دارویی مهمّی نظیر مُرفین و دیگر ترکیبات پیچیدهٔ داروئی مانند هروئین می کنند. دیگر تولید کننده های شیرابه شامل گیاهان استبرق و گل قاصد می باشد.

ساقه های تک لپّه ایها

اکثر تک لپّه ایها، مانند علفها و سوسنها گیاهانی علفی هستند که خیلی

بزرگ نمی شوند. ساقه ها هیچ کدام از کامبیومهای آوندی و چوب پنبه ای را ندارند. بنابراین، هیچ بافت آوندی ثانویّه و چوب پنبه ای تولید نمی شود. سطح ساقه مانند دو لپّه ایهای علفی به وسیلهٔ روپوست پوشیده شده است. بافت چوبی و آبکش تولید شده به وسیلهٔ پروکامبیوم در مقطع عرضی ساقه به صورت دستجات آوندی مجزّا قرار دارد و بجای این که یک حلقه ای را تشکیل دهند در ساقه پراکنده اند (شکل ۱۱-۵).



شکل ۱۱-۵ الف ـ یك بخشی از مقطع عرضی ساقهٔ تك لپّه‌ای ذرّت. ب ـ یکی از دستجات آوندی بزرگ شده.

هردستهٔ آوندی صرف نظر از مکان خاصّ خود جهت دار می باشد، بطوری که چوب به مرکز ساقه نزدیکتر، و آبکش به سطح بیرونی ساقه نزدیکتر است. در یک تک لپّهٔ معمولی مانند ذرّت دستجات چوب معمولاً دارای دو آوند درشت به همراه چندین آوند کوچک بین آنهاست (شکل ۱۱-۵). اوّلین سلّولهای تشکیل شدهٔ چوب معمولاً تحت فشار حاصل از رشد، کشیده شده و منهدم می شوند و فواصل هوایی با شکل و فرم نامنظّمی در قاعدهٔ دستجات

باقی می گذارند. آثار آوندی معمولاً در این فضاهای هوایی مشاهده می شود. آبکش بطور کلّی شامل سلّولهای آبکش و سلّولهای همراه بوده و تمام دسته به وسیلهٔ غلافی از سلّولهای اسکلرانشیمی احاطه می شود. بافت پارانشیمی بین دستجات آوندی در تک لپّه ایها به شکل پوست و مغز قابل تشخیص نمی باشد. این بافت معمولاً بنام بافت زمینه ای یا بافت بنیادی نامیده می شود اگرچه عمل و ظاهر آن شبیه سلّولهای پارانشیمی پوست و مغز می باشد.

دستجات آوندی یک ساقهٔ ذرّت در زیر سطح ساقه نسبت به مرکز آن فراوانترند، همچنین یک ردیف سلّولهای اسکلرانشیمی معمولاً به ضخامت ۲ یا ۳ سلّول بلافاصله زیر روپوست قرار دارد و دیوارهٔ سلّولهای پارانشیمی در ضمن بلوغ ساقه ضخیمتر می شوند. تراکم دستجات به همراه ردیفهای سلّولهای اسکلرانشیمی زیر روپوست، سلّولهای دیوارهٔ ضخیم پارانشیمی، مجموعاً به ساقهٔ ظرفیت تحمّل فشار ناشی از توفانهای تابستانی، وزن برگها و خوشه های ذرّت را در هنگام بلوغ می دهد.

در گندم، برنج، جو، جو دوسر، چاودار و دیگر تک لپّه ایهای علفی در پایین هر میان گره یک مریستم بین بافتی (فصل ۴) واقع است. این نوع مریستم انتهایی در رشد طولی شرکت می کند. ساقه های چنین گیاهانی بسرعت در طیّ فصل رویشی طویل می شوند ولی چون هیچ کامبیومی موجود نیست که رشد قطری را باعث شود. بنابراین، رشد ستونی انجام می گیرد. در این صورت اختلاف بین قطر رأس و قاعدهٔ ساقه، اندك است.

درختان خرما و اینکه آنها اندازهٔ قابل توجّهی را به دست می آورند، با اکثر تک لپّه ایها اختلاف دارند. این رشد آنها به دلیل ادامهٔ تقسیمات سلّولهای پارانشیمی و طویل شدن آنها انجام می شود بدون این که کامبیوم حقیقی وجود داشته باشد. چندین گیاه گلخانه ای مانند دراسین و سانسویریا تک لپّه ایهایی هستند که در آنها یک مریستم ثانویّه به صورت استوانه ای رشد کرده و سرتاسر ساقه توسعه می یابد. برخلاف کامبیوم آوندی دو لپّه ایها و مخروط داران این مریستم ثانویّه فقط به سمت خارج سلّولهای پارانشیمی ساخته ولی به سمت داخل دستجات آوندی ثانویّه را تولید می کند.

چندین الیاف مهّم تجاری (مانند ذرّت جارویی، موسا، آگاو) از ساقه و برگهای تک لپّه ایها حاصل می شوند ولی سلّولها به وسیلهٔ پدیدهٔ رتنیگ از هم جدا نمی شوند (فرایندی است که از پودرهای فاسد کننده حاصل از میکرو ارگانیسمها در شرایط مرطوب جهت تجزیهٔ سلّولهای با دیوارهٔ نازك استفاده می شود) به صورتی که در جداسازی الیاف دو لپّه ایها

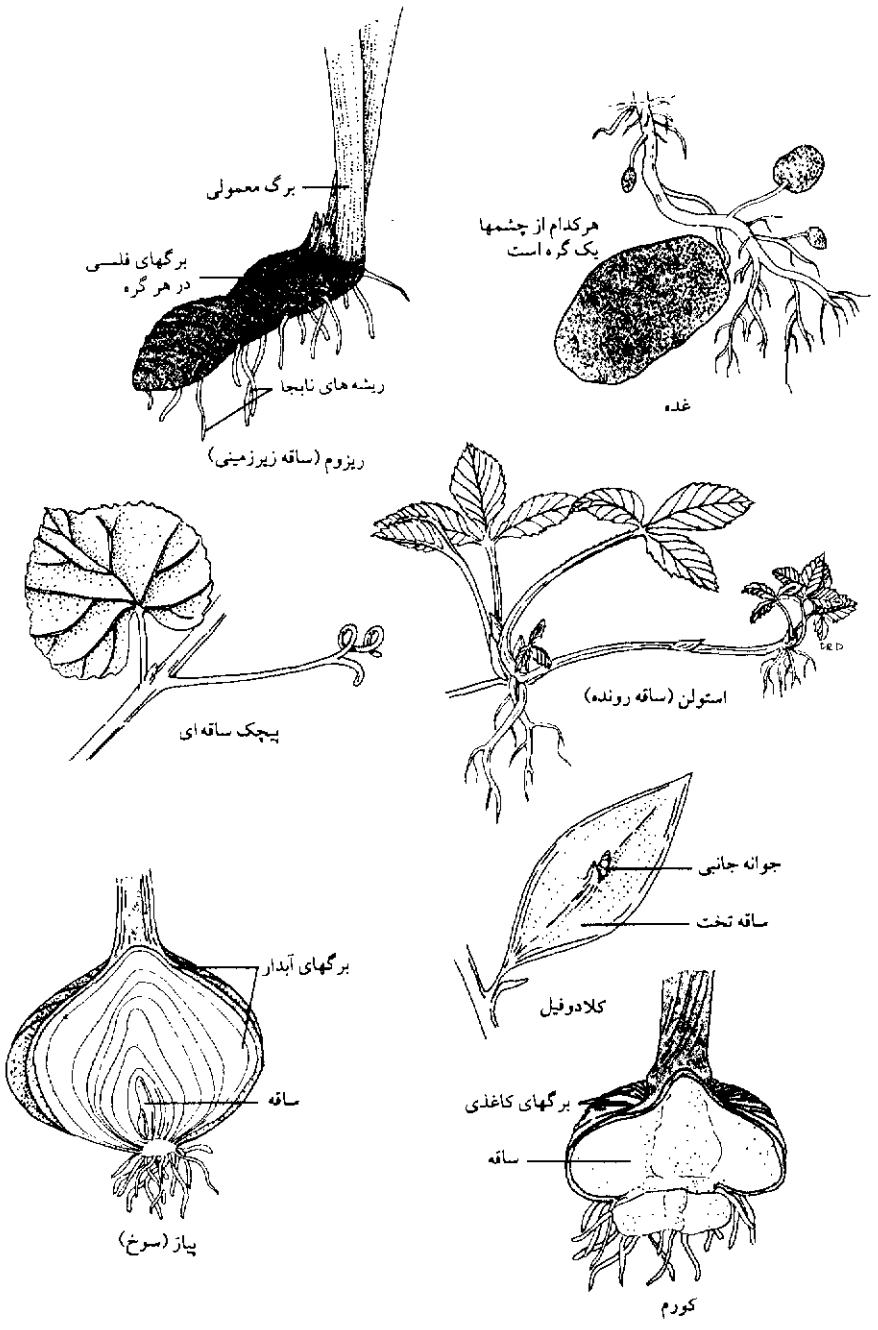
به کار می رود. در عوض طیّ آماده سازی دستجات آوندی توسّط دست عاری از سلّولهای پارانشیمی اطراف خود شده و لذا دستجات به شکل واحدهای جداگانه در می آیند. چنانچه این الیاف با موادّ شیمیایی سفیدکننده تیمار شوند تیغهٔ میانی سیمانی بین سلّولها تجزیه شده و الیاف آزاد می شوند. الیاف تک لپّه ایها، به استحکام و پایداری اکثر الیاف دو لپّه ایها نیستند.

ساقه های تخصیص یافته

در عین حالی که یک سیستم عمودی ساقه ای از ویژگیهای بیشتر از گیاهان عالی است، تعدادی از گونه ها ساقه هایی دارند که اعمال اختصاصی انجام می دهند؛ لذا این ساقه ها متناسب با عمل تغییر یافته اند (شکل ۱۲-۵). اگرچه روی هم رفته ظاهر ساقه های تخصیص یافته مشخصاً از ساقه های بحث شده متفاوت است لیکن همه آنها دارای گره، میان گره و جوانه هایی می باشند. این ویژگیها ساقه ها را از برگها و ریشه ها که فاقد آنها می باشند. متمایز می کند. برگها در گرههای این ساقه های تخصص یافته غالباً کوچک و فلسی شکل هستند. آنها بندرت سبز رنگند، ولی برگهای فعّال و کامل نیز تولید می شوند. بعضی از ساقه های تخصیص یافته در زیر توضیح داده می شوند.

ریزومها

ریزومها (شکل ۱۲-۵) ساقه های افقی هستند که زیر زمین و غالباً نزدیک به سطح خاك رشد می کنند. ظاهر آنها شبیه ریشه هاست، ولی مطالعهٔ دقیق برگهای فلسی شکل و جوانه های جانبی را حدّ اقل در بعضی مناطق رشد در گرههای کوتاه تا بلند نشان می دهد. ریشه های نابجا در طول ریزومها و عمدةً در سطح زیرین آنها تولید می شوند. کلمهٔ نابجا، به ساختمانهایی گفته می شود که از محلهای غیر معمول برخاسته اند و مانند ریشه های رشد کرده از ساقه، یا برگها و یا جوانه هایی که در مکانهایی غیر از محلّ جانبی برگ و رأس ساقه ظاهر می شوند. یک ریزوم ممکن است اندام گوشتی نسبةً ضخیم ذخیره کنندهٔ موادّ غذایی مانند زنبق باشد و یا ممکن است کاملاً باریک مثل تعداد زیادی از علفهای چندساله و بعضی از سرخسها باشد.



شکل ۱۲-۵ انواع ساقه‌های تخصیص یافته.

استولونها

استولونها ساقه های کم و بیش افقی هستند که رونده نیز نامیده می شوند. از این که رشد آنها عمدةً در سطح خاك است، با ریزومها اختلاف دارند. آنها همچنین میانگره های درازی دارند (شکل ۱۲-۵). در توت فرنگی، استولونها معمولاً بعد از فصل گل دهی تولید می شوند. از یک گیاه، ممکن است چندین استولون به صورت شعاعی در امتداد زمین رشد کند و در طیّ چند هفته طول آنها به یک متر یا بیشتر برسد. جوانه های نابجا در بعضی گرهها در طول استولون ظاهر شده و به گیاهان توت فرنگی جدیدی که می توانند جدا شده و مستقلاً رشد نمایند تبدیل شوند. در بعضی گیاهان گلخانه ای، استولونها ممکن است به خارج از گلدان رشد کرده و در حاشیهٔ گلدان آویزان شده و گیاهان جدیدی را در این فواصل تولید بنمایند. در سیب زمینی معمولی، استولونها یا ریزومها در زیر زمین رشد کرده و در رأس خود تولید سیب زمینی می کنند.

غدّه ها

به موازاتی که مواد غذایی در رأس استولونهای زیر زمینی انباشته می شود مانند آنچه که در سیب زمینی معمولی اتّفاق می افتد، چندین میانگره، متورّم شده و ایجاد غدّه می کنند (شکل ۱۲-۵). بعد از بلوغ غدّه، استولون مرده و از آن جدا می شود. چشمهای سیب زمینی حقیقتاً گرههایی هستند که با نظم مارپیچی در اطراف ساقهٔ تغییر یافته، تشکیل می شوند. هر چشم شامل یک جوانهٔ جانبی در محلّ برگ فلسی مانند می باشد. البتّه این برگهای فلسی فقط در غدّه های خیلی جوان قابل دیدن می باشند. شیارهای کوچکی که در غدّه های بالغ دیده می شوند آثار برگی می باشند.

پیازها

پیازها (شکل ۱۲-۵) جوانه های درشتی هستند که در پایین دارای ساقه های کوچکی می باشند و به وسیلهٔ تعدادی برگهای گوشتی که عمل ذخیره موادّ غذایی را عهده دارند احاطه می شوند. در پیاز خوراکی، برگهای گوشتی معمولاً به وسیلهٔ غلافهای فلس مانند برگهای طویل سبز بالای خاك احاطه می شوند. دیگر گیاهان تولید کنندهٔ پیاز شامل سوسنها، سنبلها و لاله ها می باشند.

کورمها

کورم ظاهراً شبیه پیاز است ولی از پیاز به واسطهٔ اینکه تقریباً بطور کامل از بافت ساقه تشکیل شده است متمایز می شود (شکل ۱۲-۵). در کورم بجز چند برگ فلسی کاغذی که اطراف آنرا می پوشاند برگ دیگری وجود ندارد. ریشه های نابجا در قاعده تولید می شوند. کورمها مانند پیازها عمل ذخیرهٔ موادّ غذایی را عهده دار هستند. شناخته شده ترین گیاهان تولید کنندهٔ کورم زعفرانها و گلایولها می باشند.

کلادوفیل

در گیاه کوله خاس ساقهٔ پهن شده و ظاهر برگ را پیدا می کند. چنین ساقه هایی کلادوفیل نام دارند (شکل ۱۲-۵). در وسط هر کلادوفیل گرهی وجود دارد که به آن برگهای فلس مانند کوچکی در کنار جوانه جانبی متّصل می باشند. ظاهر پری مانند آسپاراگوس به علّت داشتن کلادوفیلهای کوچک و فراوان است. این ساختمانها در بعضی گیاهان دیگر مانند بعضی از ثعلبها نیز وجود دارند.

دیگر ساقه های تخصیص یافته

در بسیاری از کاکتوسها و بعضی فرفیونها ساقه ها گوشتی و سفت هستند. چنین ساقه هایی جهت ذخیرهٔ آب و مواد غذایی تغییر یافته اند. ساقه های دیگر به صورت خار در آمده اند مانند گیاه لیلکی که خارهای منشعب داشته و ممکن است طول آنها به ۳ دسیمتر برسد، ولی تمام خارها ساقه های تغییر یافته نیستند. به عنوان مثال در درخت اقاقیا در قاعدهٔ دمبرگ اکثر برگها یک جفت خار وجود دارد. این خارها بخشهایی از برگ بنام گوشواره هستند (به بحث شاخه ها در فصل ۷ مراجعه شود). خارهای تمشک و تیغهای گل سرخ که هردو منشأ روپوست دارند از نظر فنی خارهای حقیقی نیستند. سوسنهای ببری در محلّ برگها دارای پیازکهای جانبی هوایی هستند.

گیاهان بالا رونده، ساقه های تغییر یافته ای دارند که بر مبنای عادت رشد آنها با محیط سازش یافته اند. بعضی از ساقه ها به صورت سرگردان در بالای گیاهان دیگر تکیه می کنند و تعدادی تولید پیچک می نمایند. ساقه های تخصیص یافته در مو و چسب دیواری وجود دارند. در گیاهانی مانند نخود و خیار برگها و یا اجزای برگ

تغییر یافته اند. در چسب دیواری پیچکها دارای صفحات چسبنده ای هستند. در عشقه، ساقه ها به کمک ریشه های نابجای جانبی که به تنهٔ گیاهان و یا اجسام دیگر فرو می روند بالا می روند.

چوب و کاربردهای آن

کاربردهای چوب برای انسان به دوران باستان بر می گردد و امروزه استفاده های آن بسیار فراوان می باشد بطوری که محال است بتوان تمام کاربردهای آن را فهرست نمود. در این جا نگاه مختصری به اهمیّت اقتصادی چوب خواهیم داشت:

در یک درخت زنده، تا ۵۰ درصد وزن چوب آن را آب تشکیل می دهد. قبل از این که چوب مورد استفاده قرار گیرد بایستی آب آن را از طریق هوای خشک یا کوره های مخصوص، تا ۱۰ درصد یا بیشتر کاهش داد. خشک کردن چوب بایستی تدریجی و تحت شرایط کنترل شدهٔ دقیقی انجام شود در غیر این صورت چوب ممکن است انحنا پیدا کرده و یا در امتداد اشعه شکاف بر دارد که برای بسیاری از کاربردها نامناسب می شود. بخش خشک چوب، از ۶۰ تا ۷۰ درصد سلّولز و حدود ۱۵ تا ۲۵ درصد لیگنین دارد. لیگنین یک مادّهٔ آلی است که در دیواره های سلّولهای چوب رسوب نموده و به دیواره استحکام می بخشد. دیگر موادّی که به مقادیر کمتری وجود دارند، شامل رزینها، صمغها، روغنها، رنگها، تانن ها و نشاسته می باشد. نسبتها و مقادیر این ترکیبات و موادّ دیگر، نحوهٔ مصرف چوبهای مختلف را تعیین می کنند.

چگالی چوب

از جمله مهمترین خواصّ فیزیکی چوب، چگالی آن است. بطور فنّی چگالی عبارت است از وزن در واحد حجم. وزن نسبت به حجم برابر آن با آب سنجیده می شود. به علّت وجود فضاهای هوای زیاد درون سلّولها وزن مخصوص بیشتر چوبها که چگالی نسبی نیز نامیده می شود، کمتر از یک است. طیف و محدودهٔ وزن مخصوص چوبهای معروف، از ۰/۰۴ تا ۱/۴ تغییر می کند. سبکترین چوب تجاری،

چوب بالسا (Ochroma) با وزن مخصوص ۰/۱۲ می‌باشد. چوبهای با وزن مخصوص کمتر از ۰/۵ چوب سبک و آنها که وزن مخصوص بیش از ۰/۷ دارند چوب سنگین محسوب می‌شوند. درمیان سنگینترین چوبها چوب درخت آهن آمریکای جنوبی (Krugiodendron) است با وزن مخصوص بیش از ۱/۲۵. چوب لیگنوم (Guaiacum) که از درختان هند غربی به دست می آید چوبی بسیار سخت است و بجای تیرآهن در ساخت اهرمهای نیرومند زیر دریاییها به کار می رود زیرا خود به خود چرب بوده و تولید صدای کمتری را می کند.

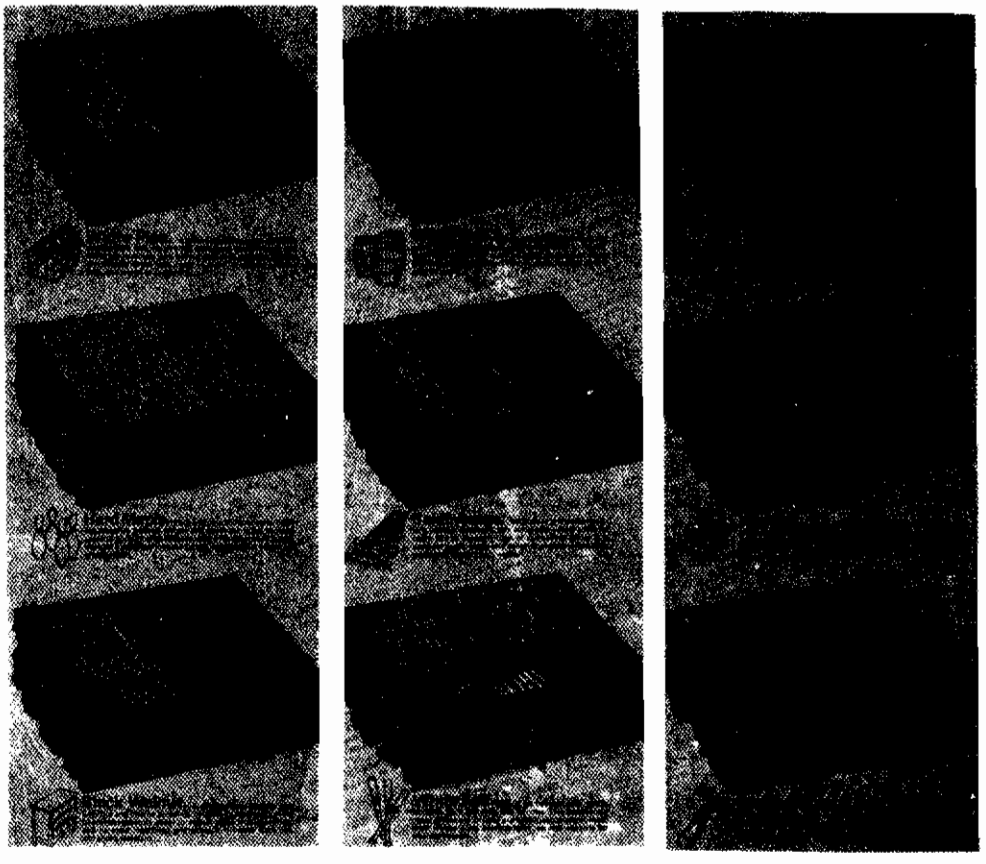
دوام چوب

قدرت و مقاومت چوب در برابر موجودات تجزیه کننده و حشرات به عنوان دوام چوب مطرح می شود. برای تجزیهٔ آنزیمی سلّولز و دیگر ترکیبات چوب به وسیلهٔ تجزیه کنندگان رطوبت موردنیاز است. فرایند خشک کردن چوب معمولاً رطوبت چوب را تا حدّی پایین می برد که قارچها و دیگر تجزیه کننده ها نتوانند بخوبی عمل کنند. دیگر اجزای اصلی چرب که تجزیه کننده ها را دفع می کنند شامل تانن‌ها و روغنها هستند. چوبی که واجد ۱۵ درصد یا بیشتر تانن باشد ممکن است در کف جنگل تا چندین سال بعد از این که درخت توسّط بیماری مربوط به آبکش و یا غیره افتاده باشد زنده بماند. از جمله با دوامترین چوبهای آمریکایی چوب سدر، کاتالپا، اقاقیا و توت می باشند. کم دوام ترین چوبها شامل چوب گیاه پنبه، بید، صنوبر و نمدار می باشند.

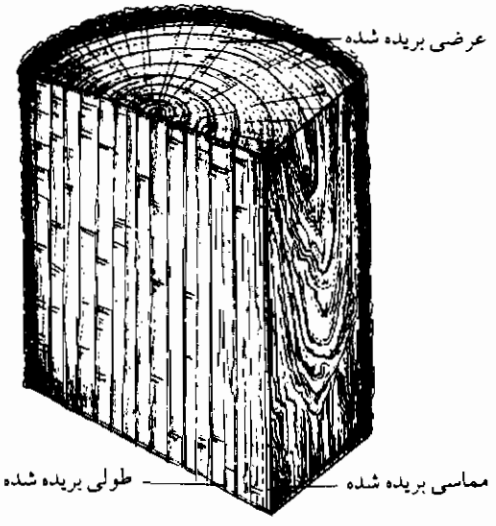
انواع برشها

کنده ها معمولاً به یکی از دو طریق طولی بریده می شوند؛ در امتداد شعاع یا عمود بر شعاع و اشعّهٔ پارانشیمی (شکل ۱۴-۵). در تخته های بریده شده شعاعی حلقه های سالانه از منظره جانبی نمایان می شوند. این حلقه ها به صورت رگه های طولی به نظر رسیده و مشخّص ترین ویژگی این چوب است. فقط تعداد کمی تخته با برش شعاعی کامل از یک کنده حاصل می شود و همین باعث گران قیمت بودن آنها می شود. تخته هایی که عمود بر اشعّه ها بریده شده اند (برشهای مماسی) متداولترند. در این نوع تخته ها حلقه های سالانه به صورت ردیفهای

ردیفهای نامنظّمی از رگه های متناوب تیره و روشن ظاهر می شوند. انتهای اشعّه ها به شکل رگه های باریکتر و عمود برآنها با وضوح کمترین ظاهر می شوند. الوارهایی که به صورت مماسی بریده شده اند به برشهای مسطّح یا برشهای ورقه ای موسوم هستند (شکل ۱۴-۵)، حاشیهٔ خارجی این ورقه ها دایره ای است و آنها معمولاً جهت تهیّهٔ خمیر کاغذ تراشیده می شوند.



شکل ۱۳-۵ موارد استفادهٔ بعضی از چوبهای متداول آمریکای شمالی.



شکل ۱۴-۵ سطوح مختلف چوب در برشهای عرضی، طولی و مماسی

گرهها

گرههای چوب، قاعدهٔ شاخه های قطع شده (گم شده ای) هستند که در یک زمان طولانی به وسیلهٔ حلقه های سالانهٔ جدید چوب که توسّط کامبیوم ساخته شده پوشیده شده اند. گرهها در بخشهای مسنتر تنه در سمت مرکز با تراکم بیشتری وجود دارند؛ زیرا در محیط جنگل شاخه های پایینتر(که زمان باریک بودن قطر درخت تولید شده اند) غالباً در اثر کمبود نور می میرند. هنگامی که یک شاخه می میرد و می افتد کامبیوم در قاعدهٔ شاخه نیز می میرد ولی کامبیوم تنهٔ درخت زنده می ماند و قطر آن را افزایش می دهد. بافتهای تولید شده بآرامی بافت مرده قاعدهٔ شاخه را فرا می گیرد. تا این که کاملاً آن را پوشانده و محو می گردانند. گرهها معمولاً باعث سستی و ضعف چوب می شوند.

فرآورده های چوب

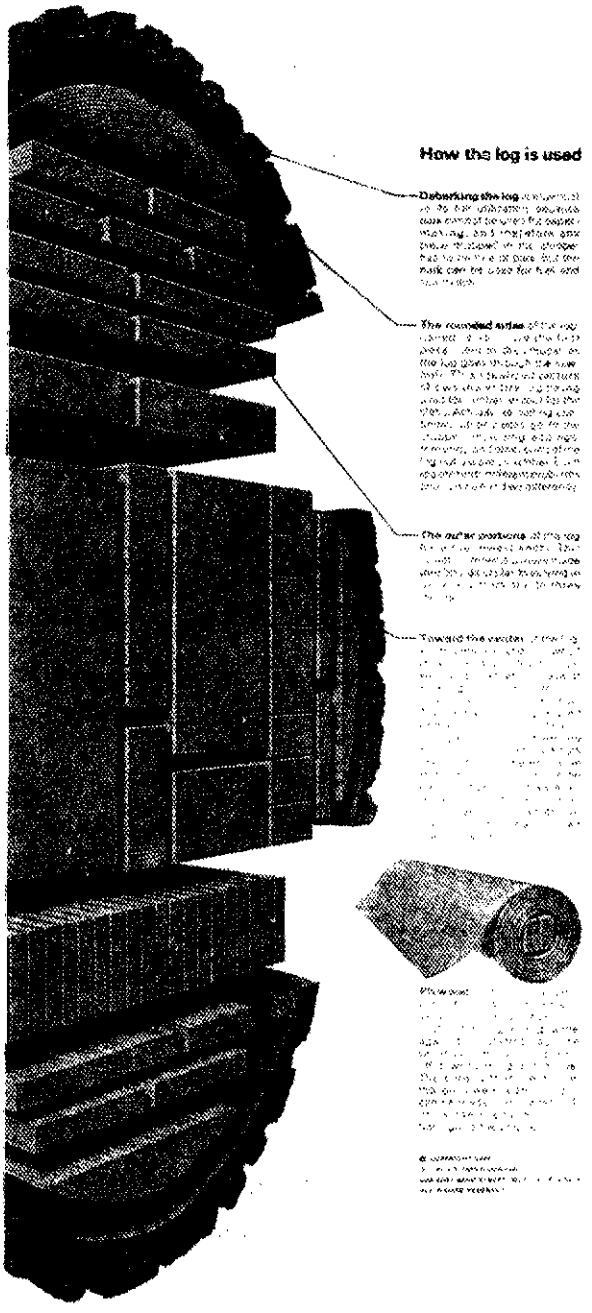
در ایالات متّحده حدود نیمی از چوب تولید شده عمدةً به عنوان الوار ساختمانی مصرف می شود خاك ارّه و دیگر موادّ زاید تولید شده در مراحل تهیّهٔ الوار به خمیر کاغذ تبدیل

می شود. مقادیر قابل توجّهی از الوار جهت ساخت مبلمان به کار می رود که ممکن است از چوبهای سخت روکش دار ساخته شوند. **روکش**ورقهٔ بسیار نازکی از چوب مرغوب است که بدقّت بریده شده و به الوار سبکتر چسبانده می شوند بطوری که بهترین منظره را از چوب ایجاد نماید (شکل ۱۵-۵).

بعد از الوار، پر مصرف ترین چوب خمیر چوب است که در نتیجهٔ مراحل مختلفی، به کاغذ، الیاف مصنوعی، پلاستیک، کف پوش و چیزهای دیگر تبدیل می شود، در سالهای اخیر از خمیر چوب به عنوان پرکنندهٔ بستنی و نانهای تجاری استفاده می شود. بعضی چوبهای سخت به صورت شیمیایی یا حرارتی در شرایط کنترل شده تیمار می شوند تا از آنها موادّ شیمیایی نظیر الکل چوب و اسید استیک به دست آید. البتّه منابع دیگر تولید این محصولات در حال حاضر اقتصادیتر از گذشته می باشد. ذغال، تراشه های نجاری، بشکه ها، خمره ها، ظروف، بستهای راه آهن، جعبه ها، صندوقها، آلات موسیقی، میله های چوبی ورزش بولینگ، دسته های ابزار و وسایل، ستونها، فیلمهای عکّاسی و درختان کریسمس، همه از محصولات چوب هستند که ارزش سالانهٔ آنها در فروشگاههای دنیا بیش از میلیاردها دلار می شود (به شکل ۱۳-۵ مراجعه شود).

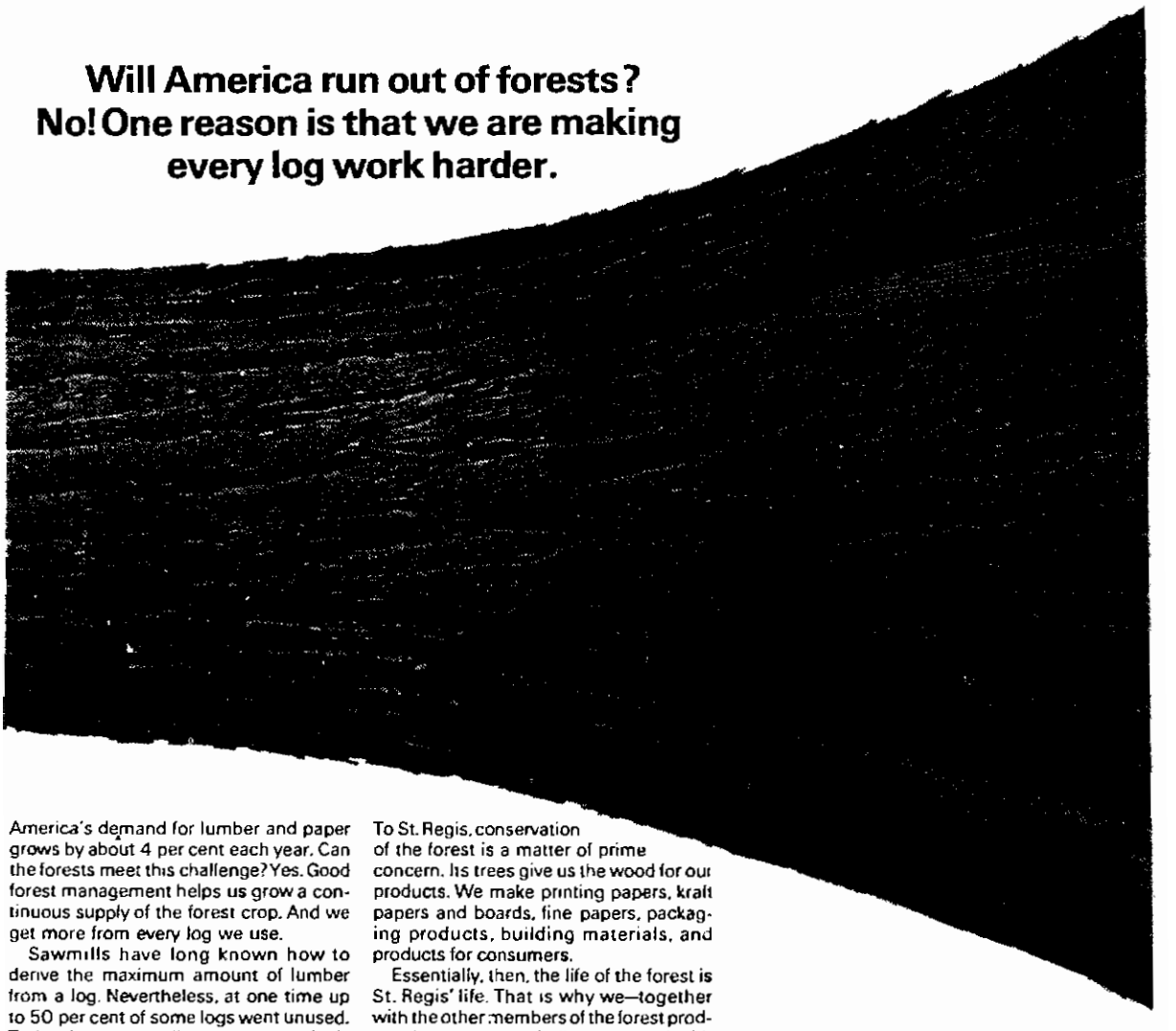
در کشورهای در حال توسعه تقریباً نیمی از الوار بریده شده به عنوان سوخت مصرف می شود. در حالی که در ایالات متّحده کمتر از ۱۰ درصد چوب برای این منظور به کار می رود. در زمان اوّلیهٔ مهاجرت به آمریکا، چوب تقریباً تنها منبع انحصاری انرژی گرمایی به شمار می رفت. در دههٔ ۱۹۸۰ شهرهای بزرگ برزیل هنوز از شاخه های درختان جنگلهای اطراف برای تولید انرژی مفیدشان استفاده می کردند. ولی به اتمام رسیدن سریع این منابع و مسائل مربوط به اثر گلخانه ای (فصل ۲۴) نیاز شدیدی به منابع دیگر انرژی احساس شده است. بسیاری از انواع ذغال سنگها، چوبهایی هستند که میلیونها سال تحت فشار قرار داشته اند تا زمانی که کربن خالص از آنها بجا مانده است و تشکیل ذغال سنگ و دیگر فسیلها را داده است که در فصل ۲۰ بحث می شود. اگرچه منابع جهانی ذغال سنگ هنوز فراوانند ولی به میزانی که این سوخت فسیلی مصرف می شود نشان می دهد که سرانجام این منابع تهی می شوند مگر این که نیاز مبرم به انرژی به صورت بازیافت و یا جای گزینی منابع دیگر برطرف شود.

انواع متعدّدی از بعضی محصولات ثانویّهٔ حاصل از ساقه شامل رنگها، داروها، چاشنیها و مواد خوراکی، در فصلهای بعدی و در ضمیمه ها توضیح داده خواهد شد.



شکل ۱۵-۵ طرز استفاده از یك تنهٔ درخت (الوار). آیا آمریکا روزی تهی از جنگل خواهد شد؟ خیرا یك دلیل این است که ما کمال استفاده را از هر درختی می‌بریم.

Will America run out of forests? No! One reason is that we are making every log work harder.



America's demand for lumber and paper grows by about 4 per cent each year. Can the forests meet this challenge? Yes. Good forest management helps us grow a continuous supply of the forest crop. And we get more from every log we use.

Sawmills have long known how to derive the maximum amount of lumber from a log. Nevertheless, at one time up to 50 per cent of some logs went unused. Today these "waste" pieces are routinely converted into chips for pulp and paper mills. Many pulp mills depend upon these chips for a good part of their supply. With millions of tons of chips so used each year, hundreds of thousands of acres of forest land need not be touched.

To St. Regis, conservation of the forest is a matter of prime concern. Its trees give us the wood for our products. We make printing papers, kraft papers and boards, fine papers, packaging products, building materials, and products for consumers.

Essentially, then, the life of the forest is St. Regis' life. That is why we—together with the other members of the forest products industry—are vitally concerned with maintaining the beauty and usefulness of America's forests for the generations to come.

ST REGIS

خلاصه

۱. درك روش و علّت پیوند زدن، ازدیاد ساقه از طریق ساقه، و این که چه بخشهایی از ساقه برای این عملیات مناسب است. شناخت دقیق ساختمان و عمل ساقه ها.

۲. سیستم ساقه های گیاهان به همراه شاخه ها و برگها، معمولاً برافراشته می باشد، ولی بعضی ساقه ها ممکن است خوابیده باشند، و یا تغییراتی پیدا کرده باشند که به آنها اجازهٔ بالا رفتن یا ذخیرهٔ موادّ غذایی و آب را می دهند.

۳. شاخه های چوبی دارای برگهای با نظم متناوب، متقابل یا فراهم هستند. گرهها محلهایی از ساقه می باشند. که برگها به آنها متّصلند. میان گرهها در بین گرهها قرار دارند. بیشتر برگها واجد دمبرگ و پهنک می باشند. جوانه های جانبی در کنار برگ قرار دارند. جوانه های انتهایی در رأس شاخه ها واقع هستند. هنگامی که فلسهای جوانه انتهایی می افتند اثر تعدادی زخم باقی می مانند که می توانند در تعیین سنّ شاخه مورد استفاده قرار گیرند.

۴. گوشواره ها، جفت زایده هایی هستند که در قاعدهٔ بعضی برگها وجود دارند. هنگامی که گوشواره ها می افتند، اثرهای کوچکی را بر روی شاخه باقی می گذارند. وقتی که برگها بطور کامل می افتند، برگ به همراه دستجات کوچکی در داخل سطح اثر برگ روی شاخه می ماند.

۵. هر ساقه، یک مریستم انتهایی در رأس دارد که تولید بافتهایی را می نماید که عامل رشد طولی ساقه می باشند. پریموردیوم برگ هنگامی که شروع به رشد کند تبدیل به یک برگ بالغ می شود. از مریستم انتهایی سه مریستم اوّلیه حاصل می شود؛ پروتودرم روپوست را ایجاد می کند که به وسیلهٔ کوتیکول پوشیده شده است، پروکامبیوم چوب و آبکش اوّلیه را تولید می کند، و مریستم زمینهٔ مغز و پوست را به وجود می آورد.

۶. برای هر برگ یا هر جوانه که از پریموردیوم رشد می کند اثری از چوب و آبکش منشعب شده از استوانهٔ اصلی وجود دارد که یک اثر برگی یا جوانه ای را برجا می گذارد.

۷. یک کامبیوم آوندی که بافتهای ثانویّه را تولید می کند، ممکن است بین چوب و آبکش اوّلیه تشکیل شود. سلّولهای چوب ثانویّه شامل تراکئید، آوندهای چوبی و فیبر هستند. سلّولهای آبکش ثانویّه دارای آوندهای آبکش و سلّولهای همراه می باشند.

۸. در بسیاری از گیاهان یک کامبیوم چوب پنبه تولیدکننده، چوب پنبه و سلّولهای فلودرم در نزدیکی سطح ساقه تشکیل می شود. سلّولهای چوب پنبه که بخشی از پوست خارجی (پریدرم) هستند در دیواره های خود دارای سوبرین می باشند. سوبرین نسبت به رطوبت نفوذناپذیر می باشد، و بنابراین پوست خارجی، به حفاظت از گیاه کمک می کند. عدسکها در پوست اجازهٔ تبادلات گازی را می دهند.

۹. بافتهای هدایت کنندهٔ اوّلیه و مغز (چنانچه حضور داشته باشد)، تشکیل استوانه آوندی (استیل) را می دهند. پروتو استیل دارای یک هسته از چوب است که معمولاً به وسیلهٔ آبکش احاطه شده است. سیفونو استیل، لوله ای بوده که در مرکز آن مغز قرار دارد. یواستیل دارای بافتهای آوندی در دستجات مجزّا می باشد.

۱۰. دو لپّه ایها گیاهانی هستند که دانه های آنها دارای دو برگ جنینی (لپّه ها) هستند. در حالی که تک لپّه ایها دارای دانه هایی هستند با یک برگ جنینی. دو لپّه ایهای علفی در ساقه واجد دستجات آوندی می باشند به صورت یک حلقه شکل گرفته است.

۱۱. دو لپّه ایهای چوبی دارای بافتهای ثانویّه ای هستند که اکثراً به شکل لایه های متحدّالمرکز منظّم شده اند. واضحترین بافت چوب ثانویّه است. چوب بهاره معمولاً دارای آوندهای چوبی نسبةً درشتی می باشد در حالی که چوب تابستانه آوندهای کوچکتری دارد و یا در آن تراکئیدها غالبیّت دارند.

۱۲. یک حلقهٔ سالانه، عبارت از یک سال رشد چوب است. سنّ درخت و دیگر جنبه های تاریخ حیاتش می تواند از روی حلقه های سالانه تعیین شود. اشعّه ها که در هدایت جانبی نقش دارند، از مرکز ساقه به صورت شعاعی به سمت بیرون قرار می گیرند. چوب قدیمی موجود در مرکز (قلب چوب)، هنگامی که تیلوز مسیر آن را مسدود کرد از فعّالیت باز می ایستید. چوب فعّال و جوان خارجی (چوب شیرابه دار) به سطح ساقه نزدیکتر است. در عمل یک درخت در صورتی که قلب چوب آن برداشته شود تغییر خاصّی نمی کند.

۱۳. چوب مخروط داران عمدةً از تراکئیدها تشکیل شده است و غالباً مجاری رزین دارند. چوب مخروط داران فاقد الیاف و آوند بوده و موسوم به چوب *نرم است*، درحالی که چوب دو لپّه ایها چوب **سخت** نامیده می شود. در گیاهان چوبی بافتهای مستتر و سلّولهای دیوارهٔ نازك در نتیجهٔ فشار متلاشی شده و غیر فعّال می شوند و بعضی از درخت جدا می شوند.

۱۴. شیرابه برها، سلّولها یا مجاری ترشّح کنندهٔ شیرابه هستند که در گیاهان گلدار مختلفی وجود دارند. شیرابهٔ بعضی گیاهان ارزش تجاری زیادی دارد.

۱۵. ساقه های تک لپّه ایها، هیچ کدام از کامبیومهای آوندی و چوب پنبه را ندارد. دستجات آوندی آنها پراکنده هستند. بافت پارانشیمی آنها به مغز و پوست قابل تقسیم نمی باشند. در عوض، این بافت، ***بافت زمینه ای*** یا بنیادی نامیده می شود. هر دستهٔ آوندی به وسیلهٔ غلافی از سلّولهای اسکلرانشیمی احاطه شده است. ساقه های تک لپّه ایهایی نظیر ذرّت می توانند به علّت حضور تعداد زیادی از دستجات و یک لایه سلّولهای اسکلرانشیمی و سلّولهای دیوارهٔ ضخیم پارانشیمی زیر سطح ساقه، فشارهای زیادی را تحمل کنند.

۱۶. درختان خرما، تک لپّه ایهایی هستند که به علّت این که سلّولهای پارانشیمی آنها به تقسیمات خود ادامه می دهند، بزرگ می شوند. دیگر تک لپّه ایها، تولید مریستم ثانویّه ای را کرده که ایجاد سلّولهای پارانشیمی و دستجات آوندی ثانویّه را می نمایند. علفها در قاعدهٔ هر میان گره دارای مریستم بینابینی هستند که در سرعت بخشیدن به رشد طولی شرکت می کند. چندین الیاف مهمّ تجاری، از تک لپّه ایها به دست می آید.

۱۷. ساقه های تخصیص یافته شامل ریزوم، استولون، غدّه، پیاز، کورم، کلادوفیل و پیچک، هستند. چنین ساقه هایی ممکن است دارای ریشه های نابجا باشند.

۱۸. بخش خشک چوب بطور کلّی شامل سلّولز و لیگنین می باشد. رزینها، صمغها، روغنها، رنگها، تاننها و نشاسته نیز در آنها وجود دارد. ویژگیهای چوب که نقش مهمّی در کاربردهای چوب دارند، چگالی، وزن مخصوص، و دوام چوب، می باشند.

۱۹. چوبها معمولاً در امتداد شعاع به صورت طولی (برش شعاعی) و یا عمود بر اشعّه ها (برش مماسی) بریده می شوند. گرهها قاعده های شاخه هایی هستند که به وسیلهٔ چوب جدید پوشیده شده اند. آنها معمولاً باعث سستی و ضعف چوب می شوند.

۲۰. حدود نیمی از چوبهای تولید شده در ایالات متّحده به عنوان الوار استفاده می شوند. خاك اره ها و مواد زاید چوبها، به تخته های متراکم و خمیر چوب برای تهیّه کاغذ، مصنوعات دیگر و کف پوشها تبدیل می شوند. چوبهای دیگر برای ذغال چوب، بستهای راه آهن، جعبه ها، دسته های وسایل و ابزار و غیره استفاده می شوند. کشورهای در حال توسعهٔ نسبت بالایی از چوب خود را صرف سوخت می کنند.

پرسشهای یادآوری

۱. عمل فلسهای جوانه چیست؟
۲. چگونه می توان سنّ یک شاخه را تعیین کرد؟
۳. پروکامبیوم، کامبیوم آوندی و کامبیوم چوب پنبه را از هم متمایز کنید.
۴. وقتی که مقطع یک ساقهٔ جوان را نگاه می کنید چگونه می توانید بگویید این ساقه متعلق به گیاه تک لپّه است یا دو لپّه؟
۵. شیرابه بر چیست؟
۶. یک سیب زمینی سفید یا ایرلندی، یک ساقه است؛ در حالی که سیب زمینی شیرین یک ریشه است. چگونه می توانید آنها را از یکدیگر متمایز نمایید؟
۷. کورمها، پیازها، غدّه ها را از یکدیگر متمایز کنید.
۸. اگر سطح یک میز چوبی را مشاهده نمایید چگونه می توانید بگویید چوب شعاعی یا مماسی برش داده شده است؟
۹. چه اختلافاتی بین چوب شیرابه دار و قلب چوب موجود می باشد؟
۱۰. منظور از وزن مخصوص چوب چیست.

پرسشهای تشریحی

۱. اگر کامبیوم یک درخت گرمسیری در تمام طول سال فعّال باشد چگونه می توان چوب آن را از درختان اقلیم معتدل مشخّص نمود؟
۲. اشاره کردیم به اینکه اگر میخی را در یک نقطه از درختی فرو کنیم میخ در طول حیات درخت دقیقاً در همان فاصله از زمین باقی خواهد ماند، چرا؟
۳. آیا گیاهان بالا رونده نسبت به گیاهان راست و برافراشته، مزیّتی دارند؟ یا مضراتی دارند؟
۴. اگر دو برگ از یک گیاه قطع شده، یکی به وسیلهٔ ژل موادّ نفتی پوشیده شده و دیگری پوشیده نشود، برگ بدون پوشش بطور قابل ملاحظه ای زودتر از برگ پوشش دار چروکیده می شود، آیا اگر ساقه های جوان درختان با ژل موادّ نفتی پوشیده شود مفید خواهد بود؟ توضیح دهید.
۵. دلایلی را پیشنهاد کنید مبنی بر این که قلب چوب جهت ساخت مبلمان، نسبت به چوب شیرابه دار، ترجیح داده می شود.

منابع اضافی

Barefoot, A. C., and F. W. Hankins. 1982. *Identification of modern tertiary woods*. Fair Lawn, NY: Oxford University Press.

Core, H. A., W. A. Cote, and A. C. Day. 1979. *Wood structure and identification*, 2d ed. Syracuse, NY: Syracuse University Press.

Cutter, E. G. 1978. *Plant anatomy: experiment and interpretation. Part I: Cells and tissues*, 2d ed. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Co.

Cutter, E. G. 1971. *Plant anatomy: experiment and interpretation. Part II: Organs*. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Co.

Esau, K. 1988. *Plant anatomy*, 3d ed. New York: John Wiley and Sons.

Fahn, A. 1982. *Plant anatomy*, 3d ed. Elmsford, NY: Pergamon Press.

Hughs, M. K., et al., eds. 1982. *Climate from tree rings*. Fair Lawn, NY: Cambridge University Press.

Mauseth, J. D. 1988. *Plant anatomy*. Menlo Park, CA: Benjamin/Cummings Publishing Co., Inc.

Metcalfe, C. R., and L. Chalk, eds. 1988–1989. *Anatomy of the dicotyledons*, 2 vols. Fair Lawn, NY: Oxford University Press.

Meylan, B. A., and B. G. Butterfield. 1972. *Three-dimensional structure of wood*. Syracuse, NY: Syracuse University Press.

Schery, R. W. 1972. *Plants for man*, 2d ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Steeves, T. A., and I. M. Sussex. 1989. *Patterns in plant development*, 2d ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Zimmerman, M. H., and C. L. Brown. 1975. *Trees: structure and function*. New York: Springer-Verlag.

فصل ششم ـ ریشه

رؤوس مطالب

برخی اهداف فراگیری

نظر اجمالی

مقدّمه

ساختمان ریشه

- کلاهک ریشه
- منطقهٔ تقسیم سلّولی
- منطقهٔ رشد طولی
- منطقهٔ تمایز

ریشه های اختصاصی

- ریشه های ذخیره کنندهٔ موادّ غذایی
- ریشه های ذخیره کنندهٔ آب
- ریشه های قابل تکثیر
- پنوماتوفورها
- ریشه های هوایی
- ریشه های منقبض شونده
- ریشه های نگاه دارنده
- ریشه های انگلی
- میکوریزها
- گرههای ریشه

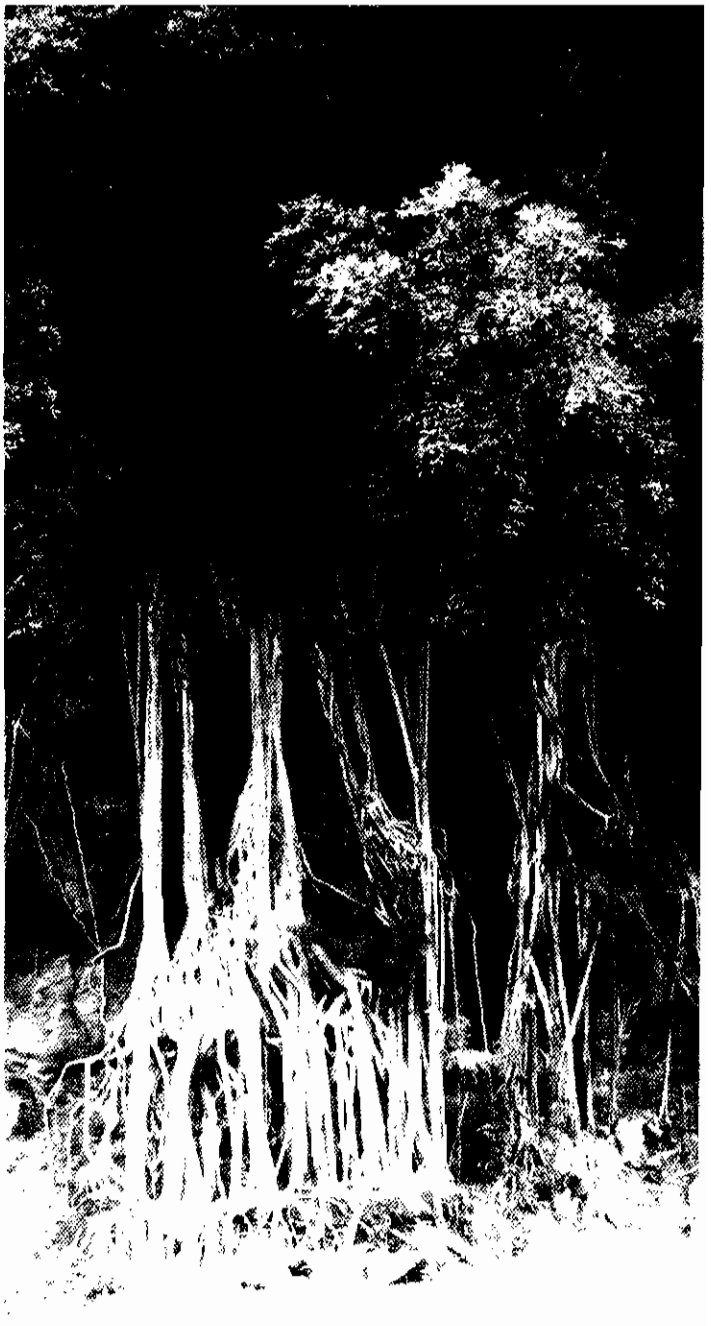
ارتباط انسان با ریشه

خلاصه

پرسشهای یادآوری

پرسشهای تشریحی

منابع اضافی



ریشه‌های یك درخت انجیر گرمسیری (Ficus sp.)

فصل ششم

ریشه

برخی اهداف فراگیری

۱- آشنایی با اعمال مهم و اشکال ریشه ها

۲- شناخت نواحی مختلف ریشه شامل کلاهک، منطقهٔ تقسیم سلّولی، منطقهٔ رشد طولی، منطقهٔ تمایز (محتوی تارهای کشنده و کلّیهٔ بافتها) ، و شناخت هرکدام.

۳- توضیح اعمال اختصاصی اندودرم و دایرهٔ محیطیه .

۴- آشنایی با تفاوتهای انواع مختلف ریشه های اختصاصی.

۵- فراگیری حدّاقل ده مورد استفادهٔ کاربردی از ریشه ها

نظر اجمالی

در این فصل، ابتدا عمل ریشه ها و سپس تکامل و تمایز ریشه ها از دانه مورد بحث قرار می گیرد. همچنین عمل و ساختمان کلاهک ریشه، منطقهٔ تقسیم سلّولی، منطقهٔ رشد طولی، و منطقهٔ تمایز (همراه با بافتهای آن) توضیح داده خواهد شد. آندودرم و دایرهٔ محیطه نیز مورد بحث قرار خواهند گرفت. ریشه های تخصیص یافته (شامل ریشه های ذخیره کنندهٔ موادّ غذایی، ریشه های ذخیره کنندهٔ آب، ریشه های قابل تکثیر، پنوماتوفورها، ریشه های هوایی، ریشه های

منقبض شونده، ریشه های نگاه دارنده، ریشه های انگل و میکوریز) بطور خلاصه شرح داده می شوند، و در پایان تعدادی از کاربردهای اقتصادی ریشه معرفّی می شوند.

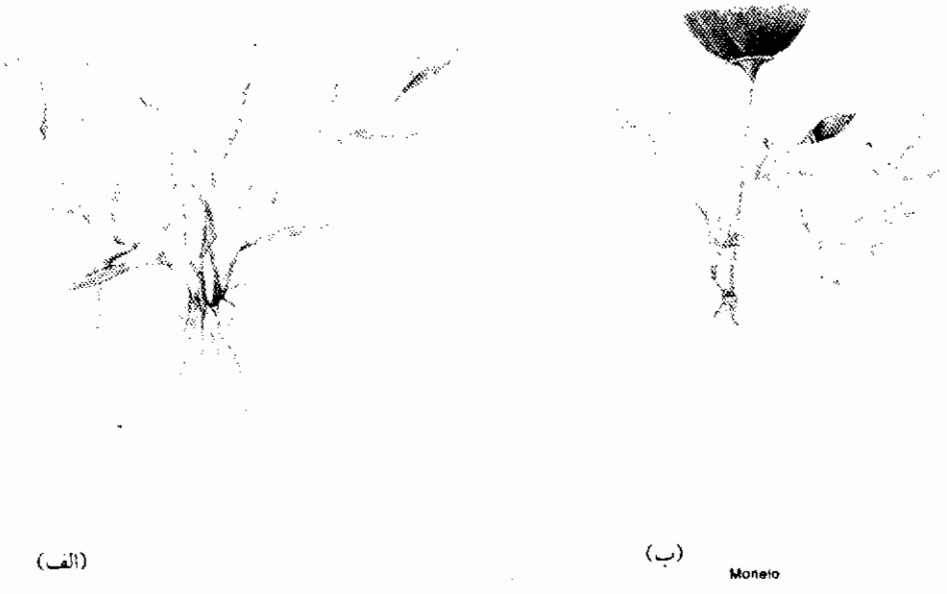
مقدّمه

شما احتمالاً تصاویری از تخریب گردبادها را در شهرها و روستاها دیده اید، ولی آیا هرگز مشاهده کرده اید آنچه را که یک گردباد با یک جنگل می کند درختان بزرگ را ممکن است بشکند و یا با ضربه به زمین بیفتند و شاخه ها عاری از برگ شوند (بسته به نوع جنگل و ترکیبات خاك)؟ ولی شاید تعداد خیلی کمی درخت را خواهید دید که کاملاً از ریشه در آمده و به جای دیگر منتقل شده باشد. در نواحی گرمسیری کمتر دیده شده که درختان نخل بعداز توفان ریشه کن شوند.

ریشهٔ درختان همچون لنگری باعث استحکام گیاه در خاك می شوند و معمولاً انشعابات آنها شبکهٔ گسترده ای را تشکیل می دهند که بیش از $\frac{1}{3}$ وزن خشک گیاه را دارد. ریشهٔ بیشتر گیاهان، حدّاکثر بیش از ۳ تا ۵ متر از سطح خاك پایین نمی روند. ریشهٔ بسیاری از گیاهان علفی بیش از ۶ تا ۹ دسیمتر عمق ندارند، در حالی که ریشهٔ های گیاهی مانند یونجه تا ۶ متر نیز ممکن است درون زمین قرار داشته باشند. هنگامی که کانال سوئز ساخته می شد کارگران با ریشهٔ درختان گزی که در عمق تقریباً ۳۰ متری قرار داشت مواجه شدند، و در یک معدن در جنوب غربی ایالات متحده ریشه هایی تا عمق ۵۳٫۴ متری مشاهده شده است. بعضی از گیاهان مانند کاکتوسها دارای ریشهٔ سطحی هستند؛ ولی با وجود این، دارای انشعابات شعاعی تا فاصله ۱۵ متری ساقه هستند که به صورت انبوهی وجود داشته و باعث استقامت گیاه می شوند. علاوه بر این که ریشه ها به شکل لنگرگاه عمل می کنند، نقش دیگر آنها در جذب آب و موادّ معدنی محلول است و بیشتر این ریشه های تغذیه کننده در عمق یک متری گسترده هستند. ریشهٔ بعضی از گیاهان، اعمال تخّصصی مانند ذخیرهٔ موادّ غذایی و آب را دارند. این اعمال در قسمت ***ریشه های تخصیص یافته*** توضیح داده می شوند.

گرچه بعضی از گیاهان آب زی (مانند عدسک آبی) ریشه هایی را در آب، و برخی دیگر مانند ثعلبها ریشه های هوایی ایجاد می کنند، ولی اکثر گیاهان آوندی، ریشهٔ خود را درون خاك گسترش می دهند. خاکها از نظر ترکیب و اختصاصات دیگر باهم تفاوت دارند. ویژگیهای خاکها در نیمه دومّ فصل ۹ توضیح داده خواهد شد.

هنگامی یک دانه تندش می کند، یک بخش درون جنین بنام ریشه چه رشد کرده و تولید ریشهٔ اوّلیه می نماید (اوّلین بخشی است که از دانه خارج می شود). ریشه چه، یا ممکن است به شکل ریشهٔ راست ضخیمی رشد نموده و از آن ریشه های باریکتری تولید می شوند؛ و یا به صورت اشکال بی شماری از ریشه های نابه جا به وجود می آید. سیستم ریشه ای افشان با تعداد بی شماری از ریشه های با قطر یکسان (شکل ۱-۶) از ریشه های نابه جا ایجاد می شوند. تعدادی از گیاهان، مخلوطی از سیستم ریشه ای راست و افشان را دارا هستند. تعداد ریشه هایی که به وسیلهٔ یک گیاه تولید می شوند ممکن است بی شمار باشند. به عنوان مثال، یک گیاه چاودار بالغ بر تعداد ۱۵ میلیون ریشهٔ منفرد یا منشعب دارد با مجموع طولی حدود ۶۴۴ کیلومتر و سطح کلّ آنها که از یک زمین والیبال بزرگتر است همه در ۵۷ دسیمتر مکعّب خاك قرار گرفته اند. سطح قابل توجّهی که به وسیلهٔ تارهای کشنده ایجاد می شود در قسمت تمایز ریشه توضیح داده می شود.



شکل ۱-۶ سیستمهای ریشه. الف ـ یك سیستم ریشه‌ای افشان در یك علف. ب ـ یك سیستم ریشه‌ای راست در شقایق.

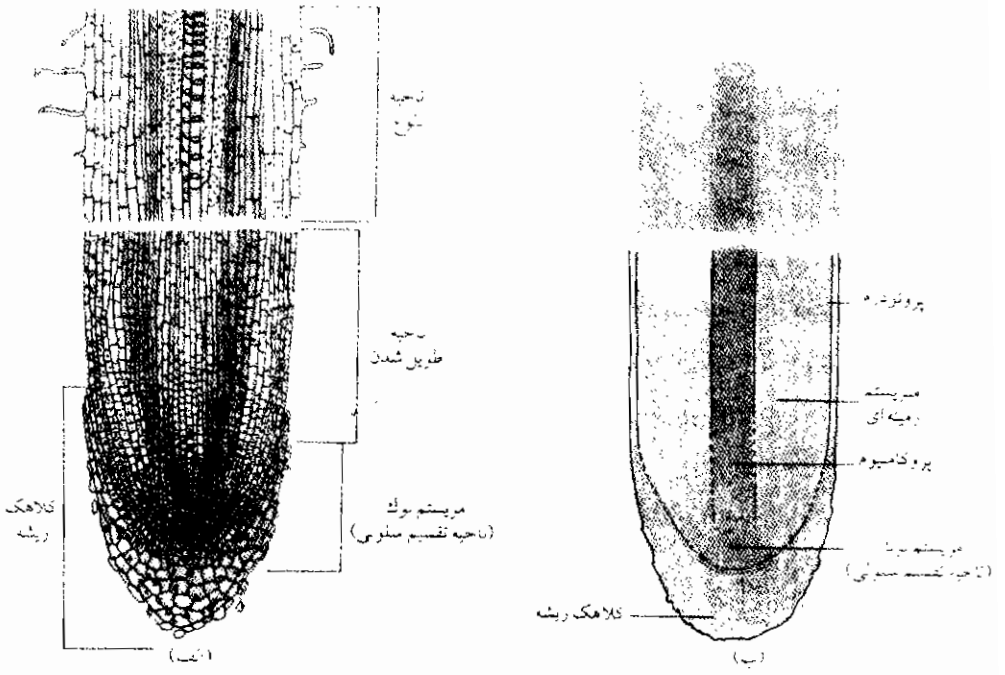
بیشتر گیاهان دو لپّه (گیاهان با دو لپّه دانه) دارای سیستم ریشهٔ راست هستند که دارای یک و گاهی نیز چند ریشهٔ اولیه هستند که بعداً از آنها ریشه های فرعی ایجاد می شود. از طرف دیگر تک لپّه ایها سیستم ریشه ای افشان دارند. انواع دیگر ریشه ها مانند ریشه های نابه جا (به فصل ۵ رجوع شود) ممکن است، هم در تک لپّه ایها، و هم در دو لپّه ایها ایجاد شوند. در پیچکهای انگلیسی و دیگر پیچکها، تولید ریشه های نابه جا از ساقه های هوایی باعث بالارفتن گیاه از تکیه گاه می شود، و در گیاهان خاصّی با ساقه های تخصیص یافته (مانند ریزوم، کورم، پیاز شکل ۱۲-۵) ریشه های نابه جا، تنها ریشه هایی هستند که تولید می شوند.

ساختمان ریشه

گیاه شناسان به رسم دیرینه در ریشه های جوان، چهار منطقه را تشخیص داده اند. ۳ تا از این مناطق مرز دقیقی ندارند. سلّولهای هر منطقه تدریجاً شکل سلّولهای منطقهٔ بعدی را ایجاد می کنند. وسعت این مناطق در گیاهان بسیار متفاوت است و بستگی به گونهٔ گیاهی دارد. این نواحی عبارتند از: (۱) کلاهک ریشه؛ (۲) ناحیهٔ تقسیم سلّولی؛ (۳) ناحیهٔ رشد طولی؛ و (۴) ناحیهٔ تمایز (شکل ۲-۶).

کلاهک ریشه

کلاهک، از تودهٔ فنجانی شکلی از سلّولهای پارانشیمی که رأس هر ریشه را می پوشانند ساخته شده است. در بعضی از گیاهان، کلاهک خیلی بزرگ و واضح است؛ در حالی که در برخی دیگر تقریباً ناپیداست. یکی از اعمال آن، حفاظت از بافتهای ظریف زیر کلاهک می باشد که در اثر حرکت ریشه به درون خاك و برخورد با ذرّات نوك تیز و ساییدهٔ خاك از بین می روند. ساختمانی مانند کلاهک ریشه، در ساقه دیده نمی شود. اجسام گلژی در سلّولهای خارجیتر کلاهک، موادّ لزجی را به سطح سلّولها ترشّح و آزاد می کنند که روی دیوارهٔ سلّولها قرار گرفته و به کمک موادّی که از سلّولهای فرسوده ایجاد می شود، حرکت ریشه را به درون خاك آسان می نماید. این موادّ موسیلاژی، محیط کشت مناسبی را جهت باکتریهای مفید ایجاد می کنند و باعث رشد و تکثیر آنها می شوند.



شکل ۲-۶ مقطع طولی نوک ریشهٔ یک گیاه دو لپّه. الف ـ نواحی ریشه. ب ـ جایگاههای مریستمهای اوّلیه ریشه.

کلاهک ریشه که سلّولهایش عمر متوسّط کمتر از یک هفته را دارند اگر از یک ریشهٔ زنده قطع شود، البته کلاهک جدیدی تولید می گردد لیکن تا کلاهک ریشه مجدّداً ساخته شود ریشهٔ تصادفی رشد می نماید به جای این که مسیر آن به سمت پایین باشد. بنابراین، چنین پیشنهاد می شود که کلاهک ریشه عمل دیگری نیز دارد و آن تشخیص نیروی جاذبه است (به زمین گرایی در فصل ۱۱ رجوع شود). مشخّص شده است که آمیلوپلاستها، (پلاستهایی که دارای دانه های نشاسته هستند) در حاشیهٔ سلّولهای کلاهک جمع شده و باعث تشخیص جهت نیروی جاذبه می شوند. اگر هنگامی که یک ریشه که بطور عمودی رشد می کند بطور مصنوعی به حالت افقی قرار داده شود، آمیلوپلاستها بطور ناگهانی و یا تدریجی در کف سلّولها قرار گرفته و در مدّت ۲۰ دقیقه تا چند ساعت ریشه مجدّداً رشد عمودی خود را به سمت پایین آغاز می کند. علّت اصلی این عمل ناشناخته است، ولی شواهدی وجود دارد مبنی بر این که یونهای کلسیم موجود در آمیلوپلاستها در توزیع هورمونهای رشد سلّولها تأثیر می گذارد.

منطقه تقسیم سلّولی

کلاهک ، از منطقهٔ تقسیم سلّولی که در مرکز رأس ریشه قرار دارد و به وسیلهٔ کلاهک پوشانده شده تولید می شود. این منطقه شبیه نوك ساقه از مریستم انتهایی ساخته شده است. بیشتر تقسیمات سلّولی در حاشیهٔ یک منطقهٔ فنجانی شکل که درست مجاور کلاهک و با فاصلهٔ کمی در زیر آن قرار دارد رخ می دهد. در این منطقهٔ سلّولها هر ۱۲ تا ۳۶ ساعت یک بار تقسیم می شوند در حالی که در انتهای منطقهٔ مریستمی، سلّولها هر ۲۰۰ تا ۵۰۰ ساعت یک بار تقسیم می شوند. تقسیمات ، با آهنگ منظّمی انجام می شود و معمولاً هریک روز یا دو روز یک مرتبه به اوج خود می رسد و آن در حدود ظهر و یا نصف شب است و زمان بین آن تقریباً آرام و بدون تقسیم می گذرد. به منطقه ای که درست در بالای منطقهٔ تقسیم سلّولی قرار دارد و سرعت تقسیم در آن خیلی کند است ***منطقهٔ آرام***[1] گفته می شود. سلّولهای منطقهٔ مریستمی مکعّبی بوده، دارای یک هستهٔ مرکزی نسبةً بزرگ بدون واکوئل یا با واکوئلهای کوچک می باشند. در ریشه و ساقهٔ بخش مریستم انتهایی به سه زیر بخش تقسیم می شود.

(۱) پرتودرم، خارجیترین لایهٔ سلّولی یعنی روپوست را می سازد.

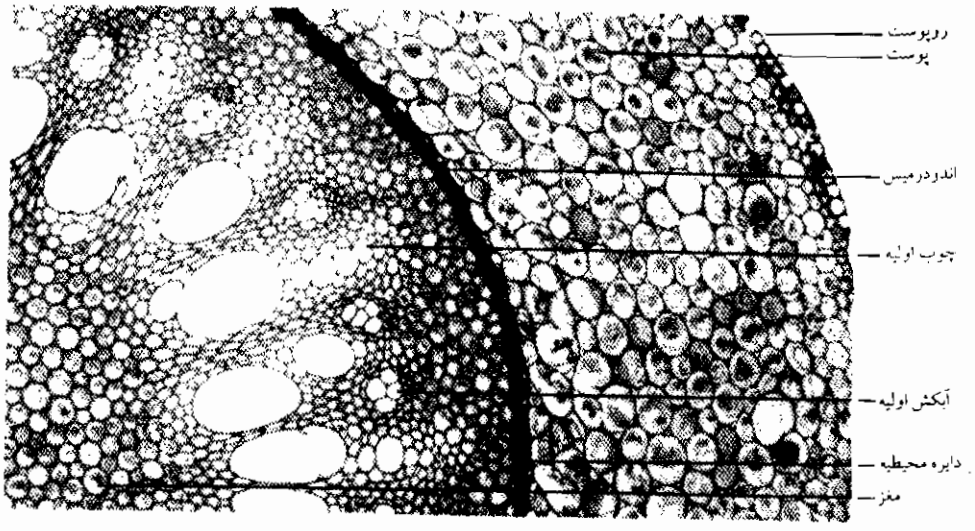
(۲) مریستم زمینه ای درون پروتودرم، که تولید سلّولهای پارانشیمی پوست را می کند.

(۳) پروکامبیوم که به صورت استوانهٔ توپری در مرکز ریشه قرار داشته و تولید چوب و آبکش اوّلیه را می نماید (شکل ۳-۶). بافت مغز در بیشتر ساقه ها وجود دارد. در ریشه بیشتر گیاهان دو لپّه ای وجود ندارد. لیکن در بعضی از تک لپّه ایهای علفی مشاهده می شود.

منطقهٔ رشد طولی

ناحیهٔ رشد طولی که با مریستم انتهایی تداخل می نماید معمولاً به طول یک سانتیمتر در بالای رأس ریشه قرار دارد. در این جا سلّولها چندین برابر طول اوّلیهٔ خود بزرگ می شوند و در آنها واکوئلهای کوچک درهم ادغام شده و به صورت یک یا دو واکوئل درشت در می آیند که بیش از ۹۰ درصد حجم سلّول را در بر می گیرند. در بالای این ناحیه، افزایش حجم سلّول صورت نمی گیرد. بنابراین، فقط کلاهک و منطقهٔ مریستمی است که در میان خاك فرو می رود. بخشهای ریشه بجز بافتهای ثانویّه که بر قطر اندام می افزایند و همچنین نوك ریشه، بطور دایمی و بدون تغییر در ریشه ها باقی می مانند.

1- Quiescent Center



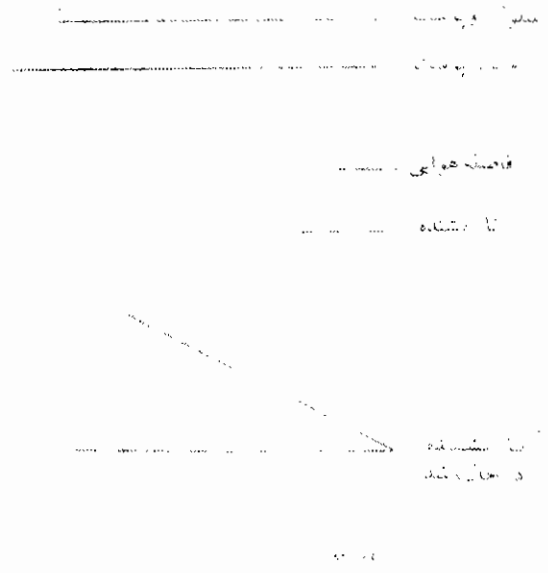
شکل ۳-۶ مقطع عرضی بخشی از ریشهٔ تك لپّه‌ای (Smilax)

منطقهٔ تمایز

در این ناحیه که گاهی منطقه بلوغ یا منطقهٔ تارهای کشنده نیز نامیده می شود بسیاری از سلّولها به صورت مشخّصی در بافتهای اوّلیه بالغ می شوند. نام دوم به این علّت داده شده است که برآمدگیهای ظریف مویی شکلی از بعضی سلّولهای روپوست ایجاد می شود. تارهای کشنده بطور فشرده ای به وسیلهٔ الیاف میکروسکپی که تولید می کنند به ذرات خاك می چسبند (شکل ۴-۶). تارهای کشنده، سلّولهای مجزایی نیستند، در حقیقت هستهٔ سلّولهای روپوست تغییر مکان داده و به درون برآمدگی می روند. تعداد این تارها به اندازه ای زیاد است که با چشم غیر مسلّح نیز قابل دیدن می باشند، بطور معمول بیش از ۳۸۰۰۰ عدد از آنها در هر سانتیمتر مربّع سطح ریشهٔ گیاهی نظیر ذرّت وجود دارند ولی بندرت طول آنها بیش از یک سانتیمتر می شود. یک گیاه چاودار که حجمی کمتر از ۰/۶ متر مکعّب از خاك را اشغال می نماید دارای بیش از ۱۴ میلیارد تار کشنده است که سطح کلّ آنها تقریباً به اندازهٔ یک میدان فوتبال می شود. تارهای کشنده به وضوح سطح جذب را افزایش می دهند.

هنگامی که یک گیاهچه یا گیاه تغییر مکان داده شود و یا در مقابل نور خورشید قرار گیرد تارهای کشندهٔ ظریف آن، پاره شده یا می میرند؛ و این موجب می شود تا ظرفیت جذب آب و املاح معدنی گیاه بطور خیلی زیادی کاهش یابد. به همین دلیل است که گیاهان بعد از

جابه جایی بایستی آب یاری و هرس شده و در سایه نگه داری شوند تا تارهای کشنده مجدّداً ایجاد شوند. وسعت ناحیهٔ تارهای کشنده با تشکیل تارهای جدید در نزدیکی کلاهک و از بین رفتن تارهای کشنده مسن در منطقهٔ تمایز و بلوغ، ثابت نگاهداشته می شود. عمر متوسّط تارهای کشنده بیش از چندروز نیست اگرچه بعضی حدّاکثر تا سه هفته نیز زنده می مانند.

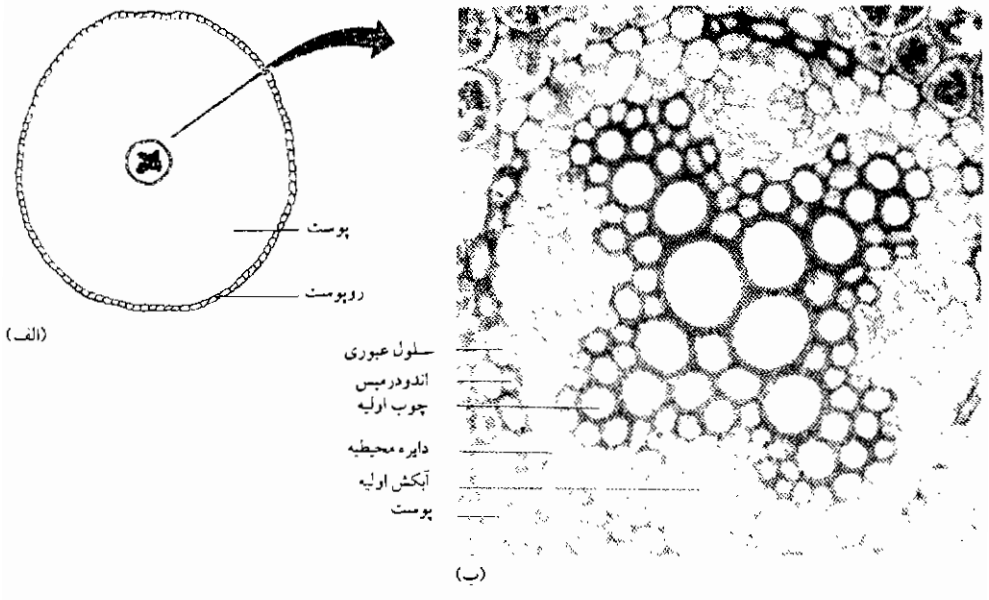


شکل ۴-۶ تارهای کشنده در تماس با ملکولهای خاك

اگر ناحیه بلوغ در مقطع عرضی مشاهده شود (شکل ۵-۶) بیشتر بافتهای یک ساقهٔ جوان بجز مغز (دو لپّه ایها) را دارا می باشد. این امر نبایستی موجب تعجّب باشد چون ریشه با ساقه در ارتباط است ولی ریشه و ساقه باهم اختلافاتی نیز دارند. کوتیکول سطح سلّولهای روپوست ساقه نسبةً ضخیم است، در حالی که کوتیکول روی سطح ریشه خیلی نازك می باشد. احتمالاً مقادیر قابل توجّهی از موادّ چربی درون و یا در سطح سلّولهای جذب کنندهٔ آب در کار جذب این سلّولها دخالت می نماید.

پوست که بافتی است متشکّل از سلّولهای پارانشیمی، در مجاورت روپوست قرار گرفته

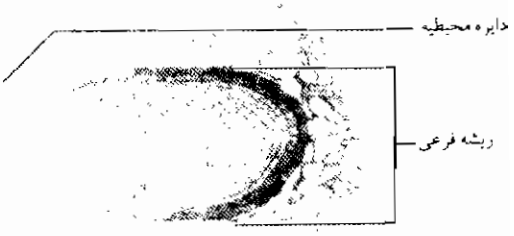
و عمل آن عمدةً ذخیرهٔ موادّ غذایی می باشد. پوست ریشه دارای چند لایهٔ سلّول و شبیه پوست ساقه است بجز این که در محدودهٔ درونیتر ریشه یک اندودرم نیز حضور دارد. اندودرم معمولاً در ساقه دیده نمی شود در حالی که تقریباً بطور معمول در ریشه وجود دارد. اندودرم دارای یک لایهٔ سلّول می باشد که بیشتر دیواره های آن ضخیم شده است. سلّولهای اندودرم جوان همچین از مادّهٔ چرب سوبرینی پوشیده شده است و نواری را در اطراف دیواره های شعاعی و عرضی ایجاد می نماید. این لایه های سوبرینی کمربندهای کاسپارین[1] نامیده شده اند. پروتو پلاست سلّولهای اندودرم با نوارهای کاسپارین سدّی را برای عبور آزاد آب از سلّولها که همواره نسبت به آب قابل نفوذ می باشند ایجاد می نمایند و باعث می شوند آب از درون سلّولهای ریشه عبور نموده، و بدین طریق کمک می شود تا ریشه حرکت آب و موادّ محلول را به درون استوانه آوندی تنظیم کند. در بعضی از ریشه ها روپوست، پوست و اندودرم، در نتیجهٔ رشد قطری، از گیاه جدا می شوند؛ ولی در ریشه هایی که اندودرم باقی می ماند تمام دیواره های داخلی سلّولها تدریجاً سوبرینی می شوند. سلّولهای معبر که دارای دیوارهٔ نازکی می باشند به صورت انفرادی یا گروههای کوچک سلّولی بین سلّولهای ضخیم اندودرم قرار می گیرند.



شکل ۵-۶ مقطع عرضی از ناحیهٔ بلوغ ریشه دو لپّه‌ای آلاله (Ranunculus)

1- Casparian Strips

درون و درست مجاور اندودرم، سلّولهای پارانشیمی استوانه‌ای شکلی بنام لایهٔ ریشه‌زا (دایره محیطیه) قرار می گیرند. این لایه معمولاً تک سلّولی است، اگرچه در بعضی گیاهان چند سلّولی می شود. لایهٔ ریشه‌زا بافت بسیار مهمّی است و سلّولهای آن، قدرت تقسیم را حتّی پس از آن که بالغ می شوند حفظ می نمایند. از سلّولهای همین بافت است که ریشه های جانبی و بخشی از کامبیوم آوندی دو لپّه ایها پدیدار می شود (شکل ۶-۶).



شکل ۶-۶ مقطع عرضی از ریشهٔ بید (دو لپّه‌ای Salix) که در آن، نقطهٔ شروع ریشهٔ فرعی را نشان می‌دهد.

چوب اوّلیه با سلّولهای هدایت کننده، مانند تراکئید، استوانه توپری را در مرکز ریشه بیشتر دو لپّه ایها و مخروط داران تشکیل می دهد؛ ولی برخلاف آوندهای چوب در ساقه، ریشهٔ بیشتر دو لپّه ایها چوب ابتدا به صورت رؤوس مخروطی شکل یا بازوهایی نزدیک به لایهٔ ریشه زا تولید می شوند. غالباً ۴ عدد از این بازوها وجود دارند لیکن از ۲ تا چند تا می توانند متغیّر

باشند. ریشه های جانبی معمولاً از لایه ریشه زا در برابر بازوهای چوب ظاهر می شوند. در بسیاری تک لپّه ایها و بعضی دو لپّه ایها بازوهای چوب ممکن است نامشخّص باشند، این بافت، پارانشیم مغز را محصور می نماید. آبکش اوّلیه که دارای سلّولهای هدایت کننده موادّ غذایی هستند به صورت مجموعه های سلّولی مجزّایی بین بازوهای چوب، هم در ریشهٔ دولپّه ایها، و هم ریشهٔ تک لپّه ایها تشکیل می شوند (به شکل ۵-۶ رجوع شود).

در دو لپّه ایهای چوبی و بعضی دو لپّه ایهای علفی و مخروط داران، بخشهایی از لایهٔ ریشه زا، سلّولهای پارانشیمی بین بازوهای چوب و بخشهایی از آبکش ایجاد کامبیوم آوندی می کند که آبکش پسین را در سمت خارج و چوب پسین را در سمت درون تولید می کند. بزودی کامبیوم طرح چوب اوّلیه را دنبال کرده و به جای این که به صورت مجموعه ها و بازوها ظاهر شود چوب ثانویّه به صورت استوانهٔ آوندی متّحدالمرکز ظاهر می شود. در ریشه نیز مانند ساقهٔ آبکش اوّلیه متلاشی شده از گیاه بیرون می افتد.

در گیاهان چوبی یک کامبیوم چوب پنبه معمولاً از لایهٔ ریشه زا ایجاد شده و مانند ساقه تولید بافت چوب پنبه (پریدرم) می نماید. در حقیقت برش عرضی یک ریشهٔ چوبی چند ساله با حلقه های چوب سالانه اش به همراه چوب بیرونی و درونی تنها از طریق مقدار نسبةً زیاد سلّولهای پارانشیمی می تواند از ساقهٔ همان گونه مشخّص گردد، گرچه استثناهایی وجود دارد. ریشهٔ تک لپّه ایها مشابه ساقهٔ آنها معمولاً مریستم ثانویّه و همچنین رشد ثانویّه ندارد.

ریشه های درختان مختلف یک گونه مخصوصاً در مناطق گرمسیر ممکن است به صورت طبیعی به هم پیوند بخورند. وقتی که ریشه ها با یکدیگر برخورد می کنند آنها به وسیلهٔ رشد ثانویّه به هم می پیوندند، لیکن جزئیات مراحل این عمل تا کنون ناشناخته باقی مانده است. یک جنبهٔ منفی این عمل این است که اگر یک درخت بیمار شود، از طریق پیوند، بیماری به تمام درختانی که با آن در ارتباطند سرایت خواهد نمود.

در ریشه ها، برگ، گره و میان گره، وجود ندارد. انشعابات و ریشه های فرعی از درون و از لایهٔ ریشه زا شروع می شوند و راه خود را از طریق اندودرم، پوست و روپوست به بیرون باز می نمایند (شکل ۶-۶). این وضعیّت با آنچه که در ساقه رخ می دهد در تضاد است، زیرا در ساقه، شاخه و انشعاب، از جوانه های جانبی تولید می شود. بعضی از ریشه های اختصاصی در نگاه اوّل ممکن است به ساقه های تخصّصی شبیه باشند (به فصل ۵ رجوع شود) مانند ریزومها، پیازها و کورمها، ولی به واسطهٔ عدم حضور گرهها و بین گرهها، تشخیص داده می شوند.

ریشه های تخصیص یافته

همان طور که قبلاً نشان داده شد بیشتر گیاهان، یا دارای سیستم ریشهٔ افشان، یا سیستم ریشه ای راست، و یا ترکیبی از این دونوع ریشه هستند. ولی بعضی از گیاهان ریشه هایی دارند که با تغییراتی به آنها اجازه می دهد علاوه بر جذب آب و موادّ معدنی محلول اعمال اختصاصی را انجام دهند.

ریشه های ذخیره کنندهٔ موادّ غذایی

در بیشتر ریشه ها و ساقه ها مقداری موادّ غذایی ذخیره می شود، ولی در گیاهان خاصّی ریشه هایی وجود دارند که خیلی حجیم شده و مقادیر زیادی از نشاسته و دیگر هیدراتهای کربن ذخیره می کنند (شکل ۷-۶). در سیب زمینی شیرین به عنوان مثال سلّولهای کامبیوم بیشتری گسترش یافته و تعداد زیادی سلّولهای پارانشیمی تولید می کنند که سبب شده اندامها متورّم و ناحیهٔ ذخیره کننده ای برای مقادیر قابل توجهّی هیدرات کربن فراهم شود. در شوکران کبیر سمّی، گل قاصد، و شاهی آبی نیز چنین ریشه های گوشتی وجود دارند. بعضی از اندامهای ذخیره کنندهٔ غذا مانند آنچه که در هویج، چغندر، شلغم و تربچه، وجود دارد؛ در حقیقت ترکیبی از ریشه و ساقه می باشند. برای مثال در هویج تقریباً ۲ سانتیمتر بالایی از بافتهای ساقه مشتق شده است، در صورتی که در یک نگاه سطحی، تفاوتی بین ساقه و ریشه مشاهده نمی شود.

ریشه های ذخیره کنندهٔ آب

بعضی از اعضای خانوادهٔ کدو، ریشه های بزرگ ذخیره کنندهٔ آب تولید می کنند. ذخیرهٔ آب یکی از اختصاصات گیاهان مناطق خشک یعنی جایی که برای چندین ماه بارندگی نمی شود، بعضی از این ریشه ها دارای وزنی در حدود ۳۰ کیلوگرم هستند (شکل ۸-۶). یک ریشهٔ اصلی در گیاه کالا بازیلا[1] به وزن ۷۲/۱۳ کیلوگرم پیدا شده است. ظاهراً آب موجود در ریشه ها هنگامی به وسیلهٔ گیاه مصرف می شود که آب خاك در مضیقه باشد.

1- Calabazilla

شکل ۷-۶ یك گیاه سیب زمینی شیرین. به‌ریشه‌های ذخیرهٔ موادّ غذایی آن توجّه نمایید.

شکل ۸-۶ یك ریشهٔ ذخیره‌کنندهٔ آب که وزن آن ۲۵/۳ کیلوگرم است.

ریشه های قابل تکثیر

ریشه های بعضی از گیاهان، تولید جوانه های نابه جایی در نزدیکی سطح زمین می کنند که قادرند ساقه های هوایی بنام پاجوش تولید کنند. این پاجوشها بعد از جداشدن از ریشهٔ اصلی بتنهایی قابل رشد می باشند. تعدادی از درختان میوه نظیر آلبالو و گلابی، تولید چنین ریشه هایی می نمایند. ریشهٔ نابه جای ترب کوهی در باغها ایجاد مزاحمت می کند زیرا پاجوشهای آنها در شعاع ده متری یا بیشتر از گیاه مادر، تولید می شوند. بوتهٔ خارهای کانادا و بعضی از علفهای هرز از این طریق و همچنین از طریق دانه بسرعت تکثیر می شوند. در گذشته این قدرت تکثیر آنها باعث مشکلاتی در کنترل آنها می شد، ولی بعضی از کنترلهای بیولوژیکی که اکنون در حال بررسی هستند ممکن است جوابی برای این مشکل در آینده باشند (به پیوست ۲ رجوع شود).

پنوماتوفورها[1]

آب حتّی اگر حبابهایی درونش ایجاد شرد کمتر از $\frac{۱}{۳۰}$ مقدار اکسیژن هوا را دارا می باشد؛ بنابراین، گیاهانی که ریشه های آنها در آب قرار دارند ممکن است با کمبود اکسیژن مواجه شوند. در بعضی از گیاهان باطلاقی مانند حرای سیاه و علف آبی، ریشه های مخصوص اسفنجی بنام پنوماتوفور وجود دارد که بطور عمودی از سطح آب بالا آمده و باعث سهولت تبادلات گازی بین اتمسفر و ریشه های درون آب که با آنها ارتباط دارند می شوند (شکل ۹-۶). بعضی از کتب درسی، چنین عملی را در ارتباط بازوهای چوبی یک نوع صنوبر می دانند که در باطلاقهای جنوب می روید (شکل ۱۸-۲۱). لیکن شاهد قاطعی جهت اثبات این تئوری وجود ندارد.

ریشه های هوایی

انواع مختلفی از ریشه های هوایی توسّط گیاهان تولید می شوند که شامل ریشه های ولامن در ثعلبها، ریشه های پراپ گیاه ذرّت و انجیر معابد (شکل ۱۰-۶)، ریشه های نابه جا در عشقه، ریشه های فتوسنتز کنندهٔ بعضی از ثعلبها می شود. ریشه های ولامن دارای ضخامت چند لایه ای هستند که کمک به جذب آب باران می کنند. ولی بعضی براین عقیده اند که آنها بیشتر

1- Pneumatophore

در جلوگیری از اتلاف رطوبت نقش دارند. ریشه های پراپ ذرّت در نزدیکی پایهٔ ساقه ایجاد شده و گیاه را در بادهای تند نگاه می دارد. تعدادی از گیاهان گرمسیری مانند پاندانوس و حرا، ریشه های پراپ بزرگی که تا چندین پا (پا برابر ۳۳/۳ سانتیمتر) بالای سطح زمین یا آب گسترش دارند تولید می کنند. بقایایی که بین این ریشه ها جمع می شود، باعث تولید خاك اضافی می گردد.

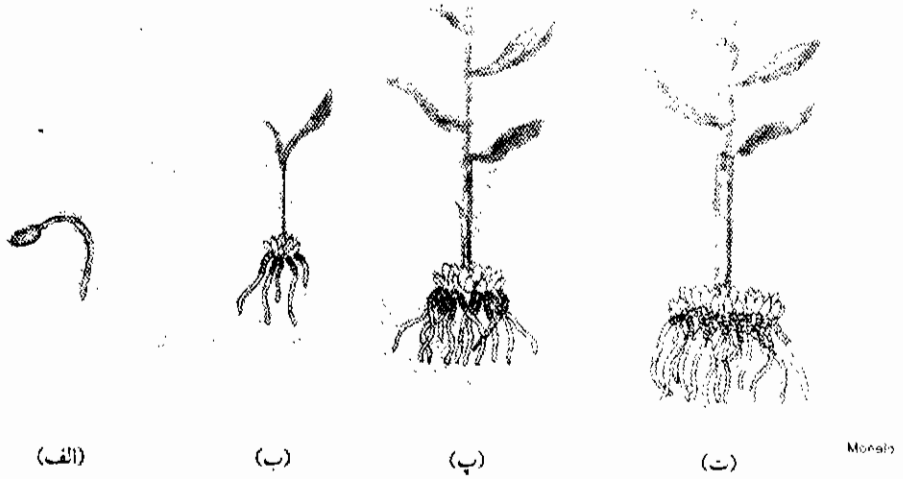
شکل ۹-۶ پنوماتوفورهای یك انجیر معابد که در جلو شکل دیده شده پس از آن که آب پایین رفته است. پنوماتوفورها، برجستگیهای اسفنجی مانندی هستند که از ریشه‌های زیر سطح خاك ایجاد می‌شوند. پنوماتوفورها در تبادل اکسیژن و دی‌اکسید کربن به‌ریشه ها که در جاهایی که می‌رویند با کمبود اکسیژن روبرو هستند کمك می‌کنند.

شکل ۱۰-۶ یك درخت بنیان (Banyan) با تعداد زیادی ریشه‌های پراپ که از شاخه‌ها ایجاد شده است.

بسیاری از انجیرهای گرمسیری یا درختان انجیر معابد ریشه هایی را ایجاد می کنند که از شاخه ها پایین می روند تا به سطح خاك برسند. هنگامی که مستقر شدند به رشد ثانویهٔ خود ادامه داده و به صورت کنده های اضافی ساقه ظاهر می شوند. بعضی از این انجیرهای معابد دارای سنّ زیاد و اندازه های بزرگی هستند. در هندوستان و جنوب شرقی آسیا درختانی هستند که در حدود ۱۰۰۰ ریشهٔ تنه مانند ایجاد کرده و پیرامون آن به حدود ۴۵۰ متر می رسد. تخمین زده شده است که مسنترین آنها ۲۰۰۰ سال سن داشته باشد. ارکیدهٔ وانیلی که از آن برای چاشنی (وانیل) استفاده می شود در ریشه های هوایی تولید کلروفیل می کند و بنابراین می تواند با آنها از طریق فتوسنتز غذا بسازد. ریشه های نابجای عشقهٔ انگلیسی و پیچک دیواری در طول ساقه ایجاد شده و در بالا رفتن به گیاه کمک می کنند.

ریشه‌های منقبض شونده

تعدادی از دو لپّه ایهای علفی و تک لپّه ایها دارای ریشه های منقبض شونده هستند که گیاه را به داخل خاك می کشند. بعضی از پیازهای سوسن هرسال مقدار کمی به داخل خاك کشیده می شوند، زیرا تعداد بیشتری از این ریشه ها ایجاد می نمایند (شکل ۱۱-۶). پیازها به کشیده شدن به سمت پایین ادامه می دهند تا به ناحیه ای با دمای نسبتاً پایدار برسند. گیاهانی مانند گل قاصد به نظر می رسد دارای برگهایی است که مستقیماً از خاك خارج شده اند، علّت آن، این است که ساقه با انقباض سالانهٔ ریشه ها تدریجاً پایین رفته است. بخش انقباض شوندهٔ ریشه ها ممکن است در مدّت چند هفته $\frac{۲}{۳}$ طولش را از دست بدهد. مکانیسم این عمل، به علّت انقباض در سلّولهای پارانشیمی است و باعث می شود عناصر چوبی مانند فنر جمع شوند.



شکل ۱۱-۶ چگونه یك پیاز لاله طیّ ۳ فصل رشد و توسّط ریشه‌های منقبض شونده بیشتر و بیشتر به‌عمق خاك کشیده می‌شود. الف ـ تندش دانه، ب ـ ریشه‌های منقبض شوندهٔ پیاز را فصل اول تا چند میلیمتر به‌درون خاك می کشند، پ ـ پیاز در فصل دوم بیشتر به‌عمق خاك فرو کشیده می‌شود، ت ـ در فصل سوم پیاز بیشتر و بیشتر به‌درون خاك کشیده می‌شود. پیاز هر سال بیشتر به‌درون خاك کشیده می‌شود تا این که به منطقه‌ای برسد که دمای خاك ثابت بشود.

ریشه های دیواره ای شکل

بعضی از درختـان مناطق گرمسیری دارای ریشـه های بزرگی هستند که در نزدیکی پایین تنه شبیه دیواره هایی بالا آمده و به گیاهان ، پایداری زیادی می بخشند (شکل ۱۲-۶). اگر از نمای زاویه ای این ریشـه ها صـرف نظر کنیم این ریشـه ها به شکل بخـشی از تنهٔ درخت به نظر می رسند .

شکل ۱۲-۶ ریشه‌های دیوار مانند یك درخت انجیر گرمسیری.

ریشه های انگل

تعـدادی از گیـاهان مانند سس و گل جالیز ، بدون کلروفیل هسـتند (مادّهٔ لازم برای فتو سنتز) و برای تغذیه به گیاهان کلروفیل دار وابسته اند . آنها به وسیلهٔ برآمدگیهای ریشه مانند ، بنام مکنده (شکل ۱۳-۶) که در طول سـاقه ایجـاد می نمایند تغـذیه می کنند . مکنده ها در بافت

خارجی میزبان نفوذ کرده و با بافتهای هادی ارتباط برقرار می کنند. بعضی گیاهان سبز مانند دارواش نیز ایجاد مکنده می کنند، لیکن ظاهراً مکنده های آنها، تنها آب و موادّ معدنی محلول را از گیاه میزبان کسب می نمایند، چون این گیاهان تا حدّی انگل توانایی تولید حدّاقل مقداری از غذای خود را از طریق فتوسنتز دارند.

شکل ۱۳-۶ ساقه‌های پیچان و رنگ‌پریده یك گیاه سس که علفی را پارازیت کرده است.

میکوریزها

ریشه های تعداد بسیار زیادی از خانواده های گیاهان گلدار، با قارچهای مختلف ایجاد هم زیستی می کنند. این یک نوع هم زیستی مشترك (موتالیستی)[1] محسوب می شود، به این معنی که قارچ و ریشه هردو از این عمل سود می برند؛ ولی همچنین هردو جهت رشد مناسب متکّی به این هم زیستی می باشند. قارچ غالباً پوششی از میلیونها رشتهٔ نازك دراطراف ریشه ایجاد کرده و به ندرت فراتر از پوست نفوذ می کنند. اگر احتمالاً این رشته های قارچی به مناطق درونیتر نفوذ نمایند ممکن است به وسیلهٔ گیاه میزبان شکسته شده و مورد تغذیه قرار گیرند. ریشهٔ هیدراتهای کربن و اسیدهای آمینه را در اختیار قارچ قرار داده و قارچ نیز به گیاه در جذب آب و مواد محلول، کمک می کند. این ترکیب ***قارچ ـ ریشه*** یا میکوریز (شکل ۱۴-۶) برای رشد طبیعی بعضی گیاهان مانند درختان جنگلی و ارکیده ها ضروری است. دانه های ارکیده، تنها در صورت حملهٔ قارچ به درون سلّولهایشان تندش می نمایند. در مورد بعضی گیاهان چنانچه قارچهای میکوریز به وسیلهٔ ضدّعفونی کردن خاك از بین بروند گیاه در جذب عناصر ضروری اگرچه به مقدار فراوان هم در خاك باشند به مشکل بر می خورد. گیاهان دیگر به نظر نمی رسد که به میکوریز نیاز داشته باشند مگر این که عناصر ضروری در خاك برای رشد طبیعی گیاه کافی نباشد. گیاه میکوریزدار نسبت به گیاه بدون میکوریز تارهای کشندهٔ کمتری تولید می کند. ثابت شده است که میکوریزها نسبت به بارانهای اسیدی مقاوم هستند (به فصل ۲۴ رجوع شود). اگر مشکل بارانهای اسیدی حل نشود میکوریز* در آینده می تواند برای جنگلهای مخروط داران بسیار مهم باشند.

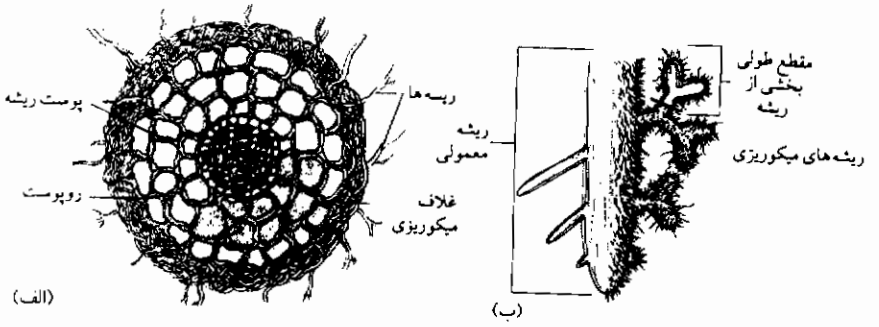
گرههای ریشه

هنگامی که گیاهان نخود فرنگی، لوبیا (و دیگر گیاهان خانوادهٔ بقولات) و توسکا و تعدادی از گیاهان دیگر از ریشه کنده شوند تعداد زیادی برآمدگیهای کوچک در طول ریشه دیده می شود. این گرههای ریشه دارای باکتریهایی است که در تثبیت ازت برای گیاهان نقش دارند. جزئیات این موضوع در چرخهٔ نیتروژن در فصل ۲۴ توضیح داده می شود. گرههای ریشه نبایستی با گالهای ریشه که برآمدگیهای ایجاد شده توسّط کرمهای انگل (نماتودها) هستند اشتباه شوند.

1- Mutalistic

* این نوع میکوریز اکتوتروف محسوب می شود، انواع میکوریزهای اندوتروف نیز وجود دارد(مترجم).

گالهای ریشه برخلاف گرههای ریشه، برای گیاه مفید نبوده و زندگی انگلی درون آنها می تواند گیاه را از پای در آورد.



شکل ۱۴-۶ میکوریزها. الف ـ یك ریشهٔ میکوریز در مقطع عرضی. ب ـ مقایسه‌ای بین ریشه‌ای که میکوریز شده و ریشه‌ای که بدون میکوریز است.

ارتباط ریشه ها با انسان

ریشه ها از زمانهای ماقبل تاریخ، منابع مهمّ غذایی محسوب می شدند. بعضی مانند هویج متجاوز از ۲۰۰۰ سال است که در اروپا کشت می شود. تعدادی از گیاهان دوسالهٔ زراعی برای ریشه کشت می شوند (گیاهانی که چرخهٔ زندگی خود را از کاشت دانه تا تولید گل و دانه مجدّد در دو فصل تمام می کنند). چنین گیاهانی در سال اوّل غذا را در ریشهٔ راست متورّم خود ذخیره کرده و سپس از غذای ذخیره شده در سال دوم برای تولید گل استفاده می کنند. در میان شناخته شده ترین گیاهان زراعی دوساله می توان از چغندر قند، چغندر، شلغم، هویج و هویج فرنگی، ترب و تربچه، نام برد. دیگر ریشه های زراعی مهم شامل سیب زمینی شیرین، سیب زمینی هندی و گیاه کازاوا، می باشند. کازاوا (شکل ۱۵-۶) که از آن نان تاپیوکا تهیّه می شود غذای مردمان مناطق گرمسیری را تشکیل می دهد. کازاوا در هر هکتار بیش از هر گیاه دیگر نشاسته تولید می کند (حدود ۴۵ تن نشاسته) و در ضمن، به کار کمتری نیز نیاز دارد. تعدادی از گیاهان با ریشه های ستبر کوچکتر در آمریکای جنوبی و دیگر مکانهای دنیا کشت می شوند. در میان این گیاهان بستگانی به علف چشمه، و ترشک وجود دارند. تعدادی از ادویه مانند ساسافراس، سارساپاریلا، شیرین بیان و سنبل ختایی، از ریشه ها حاصل می شوند. از سیب زمینی شیرین در ژاپن برای ساخت الکل استفاده می شود. چندین رنگ قرمز و قهوه ای مهم از ریشه های بعضی گیاهان خانواده روناس به دست می آید که گیاه قهوه نیز به آن تعلّق دارد.

شکل ۱۵-۶ گیاهان کاساوا. به‌ریشه‌های ذخیره‌کنندهٔ مواد غذایی که از زمین بیرون آورده شده است توجه کنید

داروهای حاصل از ریشه های گیاهان مانند اقونیط، اپیکاك، بنگدانه، ژانسین، و رزپین مصارف دارویی داشته و بعضی به عنوان مسکن مورد استفاده قرار می گیرند. یک حشره کش با ارزش بنام روتنون از گیاهی بنام باریاسکو به دست می آید که قرنها ست به عنوان ماهی کش مورد استفادهٔ قبایل آمریکای جنوبی قرار می گیرد. هنگامی که در رودخانه ای که سد شده انداخته می شوند ماهیها روی آب شناور می شوند، لیکن این سم آسیبی به انسان نمی رساند. کاربردهای دیگر ریشه در فصل ۲۳ توضیح داده خواهد شد.

خلاصه

۱. ریشه ها بیشتر برای نگاهداری گیاه و جذب آب و املاح محلول نقش دارند. از تندش دانه ابتدا ریشه چه بیرون می آید که تولید ریشهٔ اوّلیه را می کند که یا به صورت ریشه ای راست همراه با ریشه های فرعی و یا به شکل ریشه های نابه جایی است که ریشه های افشان با قطرهای یکسانی را تولید می کنند. تعدادی از گیاهان دارای هردو نوع ریشه بوده و بعضی از آنها در دوران بلوغ خود، تولید ریشه های نابه جا می کنند.

۲. در ریشه های جوان بطور سنّتی چهار منطقه یا ناحیه مشخّص شده است. (۱) کلاهک فنجانی شکل که در رأس ریشه که به درون خاك می رود قرار گرفته و از آن حفاظت می نماید و همچنین جهت ردیابی نیروی جاذبهٔ زمین مؤثّر است؛ (۲) منطقهٔ تقسیم سلّولی که به وسیلهٔ کلاهک احاطه می شود. این منطقه از یک مریستم انتهایی ساخته شده که به پروتودرم (ایجاد کنندهٔ روپوست)، مریستم زمینه ای (تولید کنندهٔ پوست). و پرو کامبیوم (ایجادکنندهٔ استوانهٔ آوندی) تقسیم می شود؛ (۳) منطقهٔ رشد طولی، که در آن سلّولهای تولید شده به وسیلهٔ منطقهٔ تقسیم طویلتر می شوند؛ و (۴) منطقهٔ بلوغ که در آن جا سلّولها به انواع مشخّص بافتهای اوّلیه تمایز می یابند.

۳. بعضی از سلّولهای روپوست در منطقهٔ بلوغ، برآمدگیهایی بنام تارهای کشنده دارند که تا حدّ زیادی سطح جذب ریشه را افزایش می دهند. بافتهایی که در منطقهٔ بلوغ تمایز حاصل می نمایند. مشابه بافتهای رأس ساقه هستند، با این تفاوت که در ریشه بیشتر دو لپّه ایها مغز وجود ندارد و در تک لپّه ایها منشأ متفاوتی (پروکامبیوم) دارد.

۴. در مرز درونی پوست آندودرم قرار دارد. آندودرم استوانه‌ای به ضخامت یک لایهٔ سلّول است که سلّولهای آن نوارهای سوبرینی بنام نوارهای کاسپرین دارند که دیواره‌های شعاعی و جانبی این سلّولها را احاطه می کند. گاهی نیز سلّولهای معبر که دارای دیوارهٔ نازکی هستند در میان سلّولهای سوبرینی قرار می گیرند.

۵. بلافاصله در سمت داخل و مجاور اندودرم یک لایهٔ سلّولهای پارانشیمی بنام لایهٔ ریشه زا قرار دارد. ریشه های فرعی و کامبیوم آوندی از این منطقه بر می خیزند.

۶. چوب نخستین ابتدا معمولاً یک ستون توپری را در مرکز ریشه تشکیل می دهد. این ستون ۲ تا چند بازو (حدّاقل در دو لپّه ایها) تشکیل می دهد، تک لپّه ایها ممکن است دارای مغز استوانه باشند.

۷. آبکش نخستین در ابتدا به صورت قطعات مجزّا بین بازوهای چوب نخستین قرار دارد، ولی هنگامیکه بافتهای پسین اضافه می شوند بافتهای هادی به صورت استوانه های متحدّالمرکزی ظاهر می شوند. در گیاهان چوبی کامبیوم چوب پنبه معمولاً از لایهٔ ریشه زا نشأت گرفته و بافت چوب پنبه ای نظیر آنچه که در ساقه هست ایجاد می کند. ریشه ها ممکن است بطور طبیعی به هم پیوند بخورند. در ریشه هیچ گونه گره و میان گره مشابه آنچه که در ساقه هست وجود ندارد.

۸. ریشه ها ممکن است تخصصی شده و به صورت ذخیره کنندهٔ مواد غذایی یا آب، نیوماتوفورها (که باعث سهولت تنفّس در باتلاقها می شوند)، ریشه های هوایی که در محیط های هوایی عمل می کنند (ولامنها، ریشه های نگاه دارنده، ریشه های فتوسنتزکننده، ریشه های نابه جایی که در بالا رفتن ساقه نقش دارند)، ریشه های منقبض شونده که گیاه را به عمق خاك می کشند و ریشه های دیوار مانند عمل نمایند و همچنین ریشه ها می توانند به صورت مکنده که عمل انگلی دارند و ریشه های میکوریز که با قارچ همزیست هستند عمل کنند. بعضی از گیاهان (مانند بقولات) باکتریهای تثبیت کنندهٔ ازت دارند که به شکل برآمدگیهای کوچکی (گرهها) روی ریشه دیده می شوند.

۹. ریشه های گیاهان زراعی مانند چغندر قند، چغندر، شلغم، هویج فرنگی، تربچه، ترب کوهی، هویج رسمی، سیب زمینی شیرین، سیب زمینی هندی و کازاوا گوشتی، هستند. استفاده های دیگر ریشه ها عبارتند از تولید الکل از سیب زمینی شیرین و استخراج رنگ، دارو، حشره کش و سّم.

پرسشهای یادآوری

۱. تفاوت بین ریشه های نازك و تارهای کشنده چیست؟ عمل تارهای کشنده کدام است؟
۲. تفاوت بین ریشه های انگل و میکوریز چیست؟
۳. اگر شما برش عرضی یک ریشهٔ جوان و ساقهٔ جوان را از یک گیاه دو لپّه مشاهده کنید، چگونه می توانید آنها را از یکدیگر تشخیص دهید؟
۴. عمل کلاهک ریشه چیست و از کدام مریستم تولید می شود؟
۵. چگونه سلّولهای اندودرمی از انواع دیگر سلّولها تشخیص داده می شود؟
۶. منشأ ریشه های فرعی کجاست ؟
۷. بعضی از داروها و چاشنیها را که از ریشه به دست می آیند نام ببرید.

پرسشهای تشریحی

۱. باغبانهای ژاپنی بطور منظّم بخشهایی از سیستم ریشه را هرس می کنند تا به کوتاه ماندن گیاه کمک شود. غذای گیاه طیّ عمل فتوسنتز برگها به دست می آید، آیا شما می توانید پیشنهاد کنید که هرس ریشه ها چرا باعث کوتاهی قد گیاه می شود؟
۲. پیشنهاد شده که کلاهک ریشه را در جهت نیروی جاذبهٔ زمین هدایت می نماید. آیا مانعی داشت که اگر ریشه ها به جای این که در جهت نیروی جاذبهٔ زمین حرکت کنند بطور تصادفی حرکت می کردند؟
۳. برای گیاه چه دلیلی وجود دارد که ریشه های فرعی از درون تولید شوند تا از سطح ریشه ؟
۴. هنگامی که یک سیب زمینی شیرین را مصرف می کنید از چه نوع ترکیبات و کدام سلّولها استفاده می کنید؟

منابع اضافی

Cutter, E. G. 1971. *Plant anatomy: experiment and interpretation. Part 2: Organs.* Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Co.
Epstein, E. 1973. "Roots." *Scientific American* 228: 48–58.
Esau, K. 1988. *Plant anatomy,* 3d ed. New York: John Wiley and Sons.

Fahn, A. 1982. *Plant anatomy*, 3d ed. Elmsford, NY: Pergamon Press.

Gregory, P. J., et al., eds. 1987. *Root development and function: effects of the physical environment*. Fair Lawn, NY: Cambridge University Press.

Mauseth, J. D. 1988. *Plant anatomy*. Menlo Park, CA: Benjamin/Cummings Publishing Co., Inc.

Miller, R. H. 1974. *Root anatomy and morphology: a guide to the literature*. Hamden, CT: Shoe String Press.

Northcote, D. H. 1980. *Differentiation in higher plants*. Carolina Biology Readers Series. Burlington, NC: Carolina Biological Supply Co.

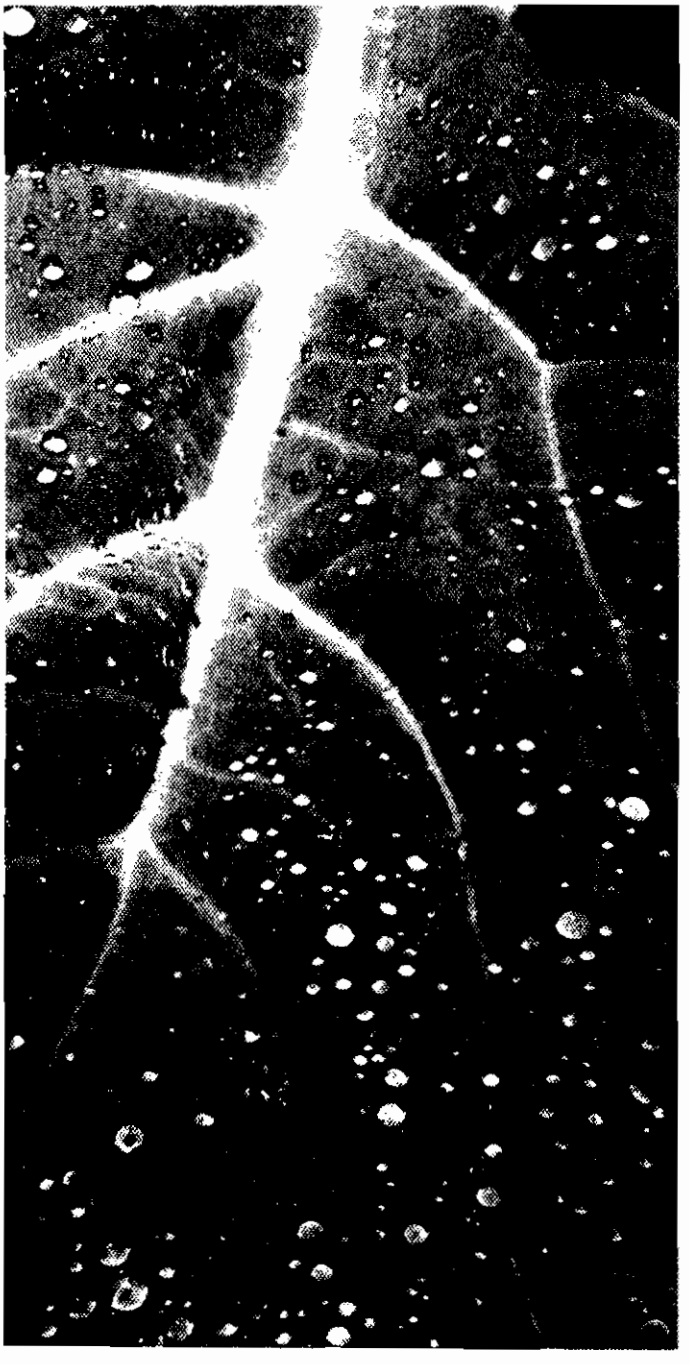
Russell, R. S. 1977. *Plant root systems: their function and interaction with the soil*. New York: McGraw-Hill.

Torrey, J. G., and D. Clarkson, eds. 1975. *The development and function of roots*. San Diego, CA: Academic Press.

فصل هفتم ـ برگ

رؤوس مطالب

برخی اهداف فراگیری
نظر اجمالی
مقدّمه
آرایش برگها و انواع آنها
ساختمان درونی برگها
روزنه ها
مزوفیل و رگبرگها
برگهای تخصیص یافته
برگهای سایه دوست
برگهای مناطق خشک
پیچکها
خارها
برگهای ذخیره ای
برگهای گلهای گلدانی
برگهای پنجره ای
برگهای تولید مثلی
برگهای مربوط به گلها (براکته ها)
برگهای حشره خوار
برگهای کوزه ای
برگهای غدّه ای
برگهای تلهٔ حشره
برگهای متورّم
تغییر رنگ برگ در پاییز
خزان برگها
انسان و روابط اکولوژیکی برگها
خلاصه
پرسشهای یادآوری
پرسشهای تشریحی
منابع اضافی



برگ کلم بروکلی (Brassica oleracea var. botrytis)

فصل هفتم

برگ

برخی اهداف فراگیری

۱ - فراگیری اشکال خارجی و اجزای برگها. شناخت عمل یک برگ معمولی و شناخت بافتها و سلّولهای خاصّی که در اعمال آنها دخالت دارند.

۲- درك اختلافات بین رگبندی شانه ای، پنجه ای، و دو انشعابی، و همچنین شناخت تفاوتهای بین برگهای ساده و مرکّب.

۳- شناخت تفاوتهای بین پیچکها، خارها، برگهای ذخیره ای، برگهای گلهای گلدانی، برگهای پنجره ای، برگهای تولید مثلی، برگهای وابسته به گل، و انواع مختلف برگهای حشره خوار.

۴- توضیح این که چرا رنگ برگهای زودافت تغییر می کند و چگونه این برگها می ریزند؟

۵- شناخت حدّاقل ۱۵ مورد استفاده از برگها به وسیلهٔ انسان

نظر اجمالی

این فصل، برگها را در مقایسه با صفحات خورشیدی معرّفی نموده و با بحثی در مورد اعمال عمومی، مورفولوژی، و اندازهٔ برگها دنبال می کند. در ادامهٔ آن، آگاهیهای توصیفی در مورد انواع اصلی برگها و اشکال مخصوص آنها و همچنین نظم برگها داده خواهد شد.

بعد از آن در این فصل ساختمان درونی برگها شامل روپوست، پوستک، روزنه ها، غدّه ها، مزوفیل و رگبرگها، توضیح داده خواهد شد.

سپس برگهای تخصیص یافته شامل پیچکها، خارها، برگهای گلهای گلدانی، برگهای پنجره ای، برگهای تولید مثلی، برگهای وابسته به گل و برگهای حشره خوار، توضیح داده می شوند. در خاتمه شرحی از تغییرات رنگ برگها در فصل پاییز و ریزش آنها و همچنین نقش برگها در زندگی انسان، داده خواهد شد.

مقدّمه

نشت بزرگ نفت در آلاسکا در سال ۱۹۸۹ میلادی توجّه همگان را بر آسیب پذیری محیط زیست جلب کرد (به فصل ۲۴ مراجعه شود)، و نشان داد که ما استفاده از سوختهای فسیلی را به عنوان منشأ و منبع اصلی انرژی ادامه می دهیم، و همچنین نشان داد که تا چه حدّی کشورهای صنعتی برای به دست آوردن منابع جدید سوختهای فسیلی تلاش می کنند. اگرچه برآوردهای مختلفی از این که تا چه زمانی منابع انرژی فعلی بخصوص نفت به اتمام خواهد رسید وجود دارد، ولی تنها مسأله زمانی است که دیگر هیچ گونه منبع راحت و آماده ای وجود نداشته باشد و منابع دیگری از انرژی بایستی جای گزین آنها شوند.

یکی از منابع جای گزینی استفاده از انرژی خورشیدی است که هم اکنون به وسیلهٔ صنایع ساختمانی در جنوب غربی و دیگر نقاط آمریکا مورد توجّه قرار گرفته است. تعدادی از منازل جدید که ساخته می شوند درها و پنجره های آنها کج و زاویه دار ساخته شده به طریقی که بیشترین پرتوهای خورشیدی را به دست آورند. بعضی از ساختمانها مکانیسمهایی را در در و پنجره به کار برده اند که بآرامی در جهت خورشید حرکت می کنند، دگرگونیها در چنین مکانیسمهایی در آینده بسیار متداول خواهد شد.

گیاهان صفحات مخصوص خود را برای دریافت انرژی خورشیدی قرنها قبل از این که تمدّنهای پیشرفته ذخایر سوختهای فسیلی را به پایان برسانند و به فکر درو پنجره های نورگیر باشند به سمت پرتوهای خورشیدی پهن کرده بودند. اندامهایی که فوق العاده ماهرانه ساخته شده یعنی برگها از همتای بی ریخت خود که روی ساختمانها هستند بسیار مؤثّرتر می باشند. سطوح پهن برگها که کاملاً به وسیلهٔ یک لایهٔ محافظ شفّاف یعنی روپوست پوشیده شده است به نور اجازهٔ ورود به تمام قسمتهای درونی برگ را می دهد. بسیاری از برگها روزانه بر روی

پایه های خود یعنی دمبرگ طوری پیچ می خورند که سطوح فوقانی آنها در طول ساعتهای روشنایی روز با زوایای قائم نسبت به پرتوهای خورشیدی قرار گیرند.

برگهای سبز انرژی نورانی موجود را به وسیلهٔ مهمترین فرایند لازمهٔ حیات، حدّاقل حیاتی که ما امروزه می شناسیم دریافت می کنند. این فرایند فتوسنتز نام دارد (به فصل ۱۰ رجوع شود). در این فرایند انرژی توسّط ملکولهای قند که از آب معمولی و دی اکسید کربن موجود در اتمسفر ساخته می شوند ذخیره می شود. کلّیهٔ نیازهای انرژی موجودات زنده از نخستین روز حیاتشان تا پایان عمر نهایةً وابسته به فتوسنتز می باشد.

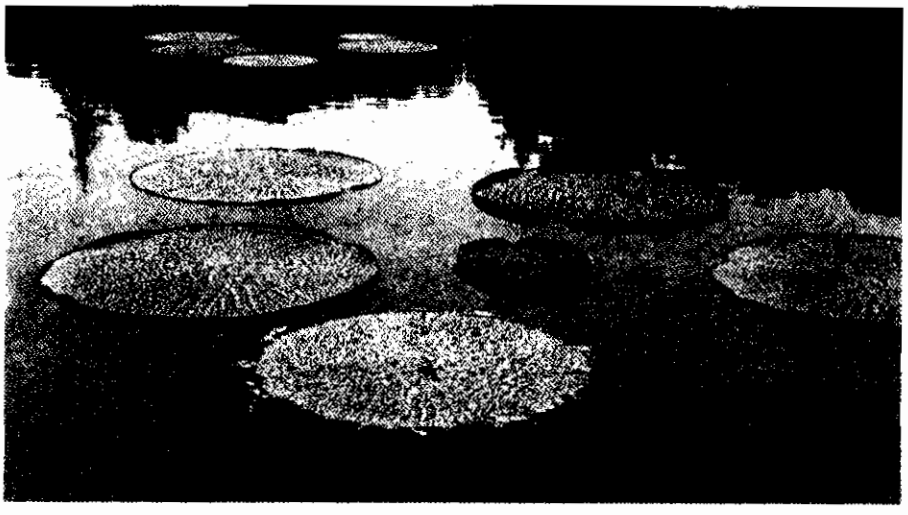
سطوح تحتانی برگها (و گاهی نیز سطوح فوقانی) دارای منافذ کوچکی بنام روزنه هستند که نه تنها به هوا اجازه تبادل می دهد، بلکه در خنک شدن درون برگها از طریق تبخیر دخالت دارند.

برگها اعمال دیگری نیز انجام می دهند. برای مثال تمام برگهای زنده تنفّس می کنند (تنفّس در فصل ۱۰ توضیح داده می شود). در مرحله ای از تنفّس و دیگر فعّالیتهای متابولیکی مواد زاید تولید می شود. این مواد هنگامی که برگ در پاییز بعد از انسداد قاعده دمبرگ می افتد (به مبحث مربوط به رنگ برگ و خزان آن در ادامهٔ همین فصل توجّه نمایید) به خارج از گیاه هدایت می شوند. در فصل رویشی بعد برگهای از دست رفته به وسیلهٔ برگهای جدید جایگزین می شوند. برگها همچنین در حرکت آب جذب شده توسّط ریشه ها و انتقال آن به سراسر گیاه دخالت دارند. بیشتر آب موجود در برگها در عمل تعرّق (به فصل ۹ رجوع شود) تبخیر می شود. در بعضی گیاهان در شب که تنفّس انجام نمی شود فشار ریشه آب را با نیرو به خارج از هیداتودها، روزنه های آبی ویژه ای در رأس رگبرگها، هدایت می نماید. بنابراین، آب خارج شده ممکن است حاوی یونهای جذب شده به وسیلهٔ سلّولهای ریشه باشد. اعمال دیگر برگ در همین فصل توضیح داده می شوند.

آرایش برگها و انواع آنها

بسیاری از حدود ۲۷۵۰۰۰ گونه گیاهان مختلف برگهایی تولید می کنند که تنها از طریق آنها می توانند از یکدیگر متمایز شوند. به علاوه تعدادی از گیاهان مانند سوسنها، سرخسها و درختان کاج برروی یک گیاه انواع مختلفی از برگ را تولید می کنند مانند برگهای فلسی و کاغذی. تنوّع شکل، اندازه و بافت برگها ظاهراً نامحدود به نظر می رسد. طول برگ گیاه

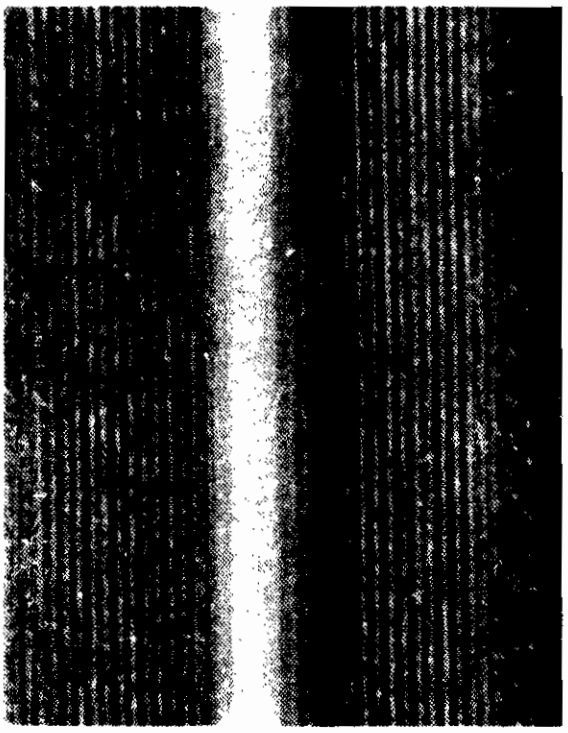
عدسک آبی کمتر از یک میلیمتر می باشد، در حالی که اندازهٔ برگهای نخلهای جزیرهٔ سیسیل به ۶ متر می رسد. برگهای شناور نیلوفر آبی عظیم الجثّه که قطر آنها به ۲ مترمی رسد می توانند بدون این که در آب فرو روند در سطح آب قرار گیرند و وزنی را معادل ۴۵ کیلوگرم در سطح خود تحمّل کنند. علاوه بر برگهای پهن مختلف، برگهای دیگری با اشکال لوله ای، پری، فنجانی، خار مانند و سوزنی، وجود دارد. در حقیقت برگها هرشکلی را ممکن است دارا باشند (شکل ۲-۷). آنها ممکن است صاف و یا کرك دار، لغزنده یا چسبناك، مومی یا برّاق، خوشبو یا بدبو، و خوراکی یا سمی، باشند. برگها شاید تقریباً همه رنگهای رنگین کمان و رنگهای زیبایی را که مخصوصاً هنگام مطالعه با میکروسکپ مشاهده می شود، دارا باشند.



شکل ۱-۷ برگهای شناور یك نیلوفر آبی عظیم‌الجثّه که گاهی به‌قطر ۲ متر می‌رسند. برگهای بزرگتر قادرند وزن یك بچّه را بدون این که فرو روند تحمّل کنند.

همان طور که در فصل ۵ اشاره شد همهٔ برگها صرف نظر از اندازه و شکل به صورت پریموردیوم در جوانه ظاهر می شوند. بیشتر برگهای بالغ دارای پایه ای بنام دمبرگ و یک پهنک وسیع یا تیغه ای هستند که شبکه ای از رگبرگها (دستجات آوندی) را داراست. گاهی یک جفت زایده بنام گوشواره (به فصل ۵ مراجعه شود) در پایهٔ دمبرگ دیده می شود. برگهای گیاهان گلدار دارای شکافهای برگی (فواصل پارانشیمی) در ارتباط با آوندها هستند (به شکل ۳-۵ و متن مربوط به‌آن مراجعه شود). برگها ممکن است ساده یا مرکّب باشند.

شکل ۲-۷ انواع برگ‌ها و نظم آنها. الف ـ برگ مرکّب پنجه‌ای ایسکولوس (Aesculus) ب ـ برگ مرکّب شانه‌ای گردوی سیاه. پ ـ برگهای متناسب ساده و لبه‌دار درخت لاله. ت ـ برگهای متقابل و سادهٔ ذغال اخته. ث ـ رگ‌بندی پنجه‌ای برگ افرا. ج ـ برگهای گوشتی کروی یك نوع زلف پیر (Senecio rowellianus) . چ ـ رگ‌بندی شانه‌ای برگ لبه‌دار بلوط . ح ـ رگ‌بندی موازی برگ علف (تك لپّه) . خ ـ برگهای فراهم پنیرك . د ـ رگ‌بندی دیکاتومی برگ ژینگو . ذ ـ برگ دراز در سرخدار.



شکل ۳-۷ بخشی از برگ تك لپّه با رگ‌بندی موازی

آرایش برگها روی ساقه (فیلوتاکسی) ممکن است به صورت مارپیچی یا متناوب و در هرگره یک برگ قرار داشته باشد. اگر در هر گره دو برگ موجود باشد آن را آرایش متقابل گویند. زمانی که سه برگ یا بیشتر در یک گره باشد برگها فراهم گفته می شوند (به فصل ۵ رجوع شود). خود برگ ممکن است ساده و دارای پهنک یکپارچه باشد و یا مرکّب بوده که در این صورت پهنک به حالتهای مختلف به برگچه هایی تقسیم می شود (تصویر ۲-۷). برگهای مرکّب شانه ای برگچه هایی دارند که بطور قرینه در طرفین محور مرکزی بنام راکیس قرار می گیرند در حالی که در برگهای پنجه ای تمام برگچه ها به یک نقطه در انتهای دمبرگ متّصل می شوند. گاهی برگچه های یک برگ مرکّب شانه ای ممکن است به برگچه های کوچکتری تقسیم شوند که در این صورت برگ مرکّب دو دفعه شانه ای را تشکیل می دهند. آرایش رگبرگها (رگبندی) در پهنگ یک برگ یا برگچه ممکن است شانه ای یا پنجه ای باشد. در رگبندی شانه ای یک رگبرگ بزرگ بنام رگبرگ اصلی (رگبرگ میانی) با رگبرگهای ثانویّهٔ

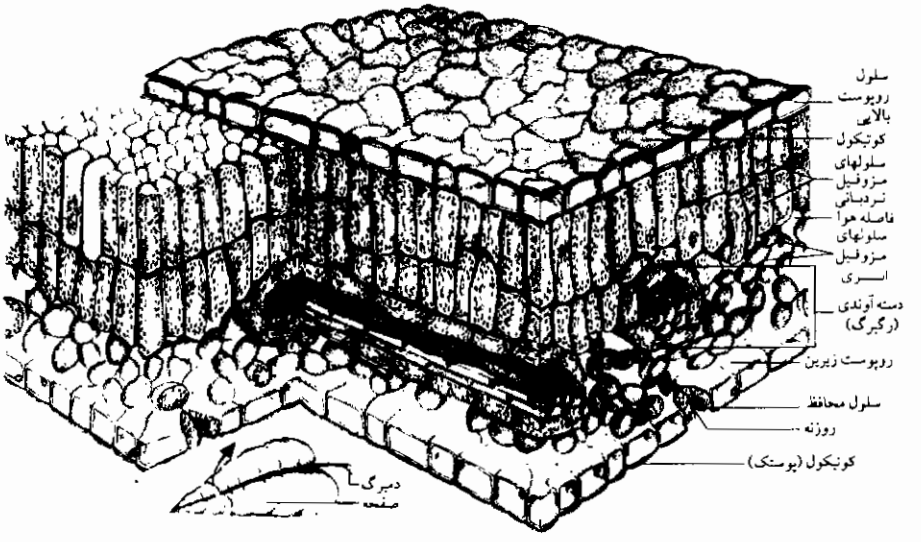
منشعب از آن وجود دارد. ولی در رگبندی پنجه ای چندین رگبرگ به شکل بادبزنی از پایهٔ پهنک منشعب می شوند. در تک لپّه ایها رگبرگهای بزرگتر با یکدیگر موازی می باشد (تصویر ۳-۷) و در دو لپّه ایها رگبرگ بزرگ به رگبرگهای کوچکتری منشعب می شود (شکل ۷-۷). تعداد کمی از برگها (مانند ژنکوا یا گینکو) بدون رگبرگ اصلی یا دیگر رگبرگهای بزرگ هستند. به جای آن رگبرگها دو انشعابی بوده و از قاعدهٔ پهنگ تا حاشیهٔ مقابل پیش می روند. این نوع رگبندی موسوم به رگبندی دیکاتومی است (شکل ذ ۲ - ۷).

ساختمان درونی برگها

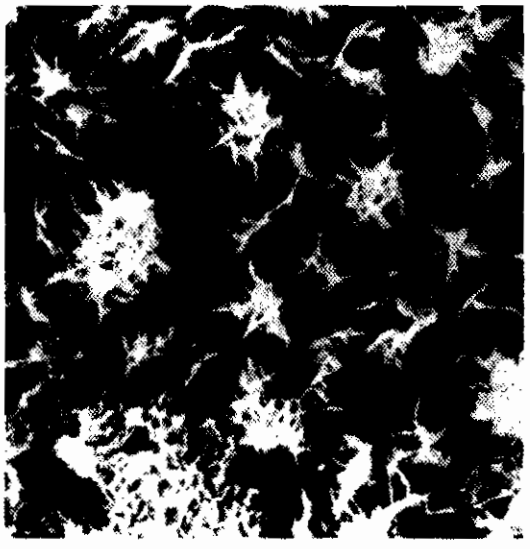
اگر مقطع عرضی یک برگ مشخّص به کمک میکروسکپ مطالعه شود، سه منطقه در آن تشخیص داده می شود. روپوست، مزوفیل، و رگبرگها (بر می گردد به توضیحات در مورد دستجات آوندی در بخشهای ساقه و ریشه) (شکل ۴-۷). روپوست از یک لایهٔ سلّول تشکیل شده است که همهٔ سطح برگ را می پوشاند. روپوست سطح تحتانی پهنک گاهی به وسیلهٔ حضور روزنه هایی (در قسمت بعد توضیح داده خواهد شد) از سطح فوقانی قابل تشخیص می باشد. وقتی که از بالا به سطح روپوست نگاه کنیم سلّولهای آن چین دار مشابه قطعات یک معمای تصویری به نظر می رسد که در کنار هم چیده شده باشند. سلّولهای روپوست باستثنای سلّولهای محافظ روزنه فاقد کلروپلاست هستند. مهمترین عمل روپوست حفاظت از بافتهای ظریف درونی است. یک پوشش نازك کوتینی (کوتیکول) معمولاً حضور دارد اگرچه نمی توان آن را با میکروسکپ نوری معمولی بدون رنگ آمیزی مشاهده کرد. علاوه بر کوتیکول بسیاری از گیاهان در سطح برگهای خود موادّ مومی دیگری نیز تولید می کنند (شکل ۵-۷).

در مطالعه ای که در خصوص اثر گازهای آلوده کننده و دود وسایط نقلیّه روی گیاهان صورت گرفت، مشاهده شد هنگامی که برگهای چغندر در معرض محیط آلوده قرار می گیرند در زمانی به کوتاهی ۲۴ ساعت بطور غیرعادی در سطح برگهای خود تولید موم می کنند. برگهای چغندر همچنین در واکنش به هجوم شته ها در اطراف منفذهای ریز ایجاد شده به وسیلهٔ شته موم ایجاد می نمایند. سلّولهای روپوست فوقانی گاهی ممکن است حاوی بلورهایی از مواد زاید باشند. انواع مختلف غدّه ها نیز ممکن است در سلّولهای روپوست وجود داشته باشند. غدّه ها به شکل فرورفتگی، برآمدگی و یا زایده هایی بوده و یا مستقیماً روی سطح برگ قرار

گرفته و یا در انتهای کرک قرار دارند (شکل الف ۸ -۴). غدّه‌ها غالباً موادّ چسبناک ترشّح می‌کنند.



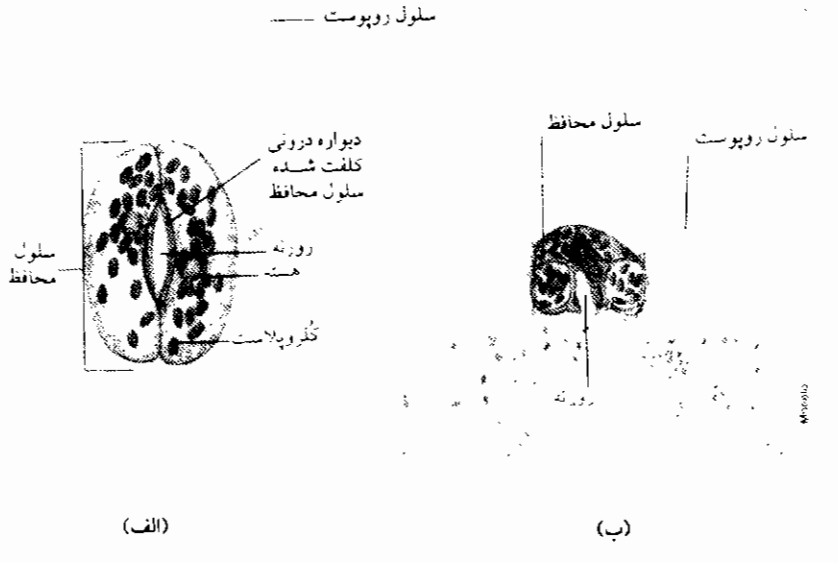
شکل ۴-۷ منظرهٔ استرئوسکوپی بخشی از برگ معمولی



شکل ۵-۷ بخش کوچکی از سطح بالایی برگ اوکالیپتوس . اجزای سفید رنگ ستاره‌ای مومهای تولید شده به وسیلهٔ برگ است. بزرگ‌نمایی حدود ۷۵۰۰ مرتبه

روزنه ها

روپوست پایینی بیشتر گیاهان عموماً شبیه روپوست بالایی است با این تفاوت که در آن منافذ خیلی کوچکی بنام روزنه قرار دارند (شکل ۶-۷). در بعضی گیاهان نیز روزنه ها در هردو سطح وجود دارند (مانند یونجه و ذرّت). در بعضی گیاهان مانند نیلوفر آبی که روپوست تحتانی با آب در تماس است، روزنه ها در روپوست فوقانی قرار دارند. برگهای غوطه ور نیز اصولاً فاقد روزنه می باشند. تعداد روزنه ها بسیار زیاد است و از ۱۰۰۰ تا بیش از ۱/۲ میلیون در سانتیمتر مربّع سطح متغیّر است. یک برگ متوسّط آفتابگردان در سراسر روپوست تحتانی خود دارای حدود ۲ میلیون روزنه است. هر روزنه به وسیلهٔ دو سلّول سوسیس شکل یا دمبلی شکل که معمولاً از سلّولهای روپوست اطراف کوچکترند در بر گرفته می شوند. این سلّولها **محافظ** نام داشته و برخلاف سلّولهای دیگر روپوست دارای کلروپلاست هستند.



شکل ۶-۷ یک روزنهٔ نمونه دولپّه‌ای. الف- منظرهٔ سطحی. ب- منظرهٔ آن در مقطع عرضی

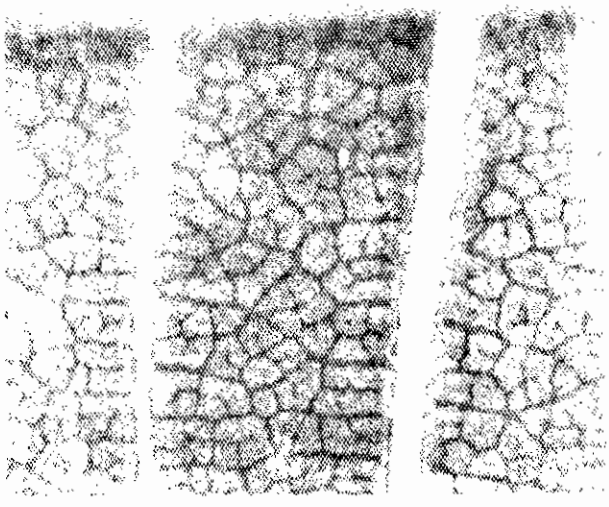
فتوسنتز که در سلّولهای محافظ انجام می شود به عمل این سلّولها کمک می کند. دیوارهٔ سلّولهای محافظ در مجاور منفذ بطور مشخّصی ضخیم شده است ولی کاملاً انعطاف پذیر است. از آنجایی که سلّولهای محافظ با تغییراتی در مقدار آب درون سلّولها منبسط یا منقبض می شوند، ساختمان منحصر به فردشان باعث بازو بسته شدن آنها می شود. وقتی که سلّولهای محافظ منبسط می شوند روزنه ها باز شده و هنگامی که آب محتوی سلّولها کاهش یابد سلّولها منقبض و روزنه ها بسته می شوند (برای توضیح جزئیات بیشتر رجوع شود به تنظیم تعرّق فصل ۹ و حرکات تورژسانس در فصل ۱۱). عمل روزنه ها در رابطه با تبادل گاز بین داخل برگ و اتمسفر و همچنین تبخیر آب اضافی که از ریشه وارد گیاه شده است می باشد (به فصل ۹ رجوع شود).

مزوفیل و رگبرگها

بیشتر فتوسنتز در مزوفیل یعنی بافت میان برگی واقع بین دو لایهٔ روپوست صورت می گیرد. دو منطقه در مزوفیل قابل تشخیص هستند. منطقهٔ فوقانی شامل مزوفیل نردبانی است که دارای سلّولهای پارانشیمی بشکه ای است و معمولاً دولایه ای می باشد. این منطقه ***مزوفیل نردبانی*** نام دارد و حاوی بیش از ۸۰ درصد کلروپلاستهای برگ می باشد. منطقهٔ تحتانی که دارای سلّولهای پارانشیمی نامنظّم به همراه مقادیر فراوانی فضاهای هوایی می باشد ***مزوفیل اسفنجی*** نامیده می شود. سلّولهای مزوفیل اسفنجی همچنین دارای مقادیرزیادی کلروپلاست می باشند. بافت پارانشیمی که مقدار زیادی کلروپلاست دارد بافت کلرانشیم نیز نامیده می شود. علاوه بر برگها، بافت کلرانشیم در پوست ساقه های علفی نیز مشاهده می شود. درون برگ سطوح سلّولهای مزوفیل با هوای مرطوب در تماس هستند. اگر رطوبت از میزان مشخّصی کمتر شود، روزنه ها بسته شده بنابراین بطور قابل ملاحظه ای از خشکی برگ جلوگیری می شود.

رگبرگها (دستجات آوندی) با اندازه های مختلف در سراسر مزوفیل قرار دارند (شکل ۷-۷). آنها شامل بافت چوبی و آبکش هستند که به وسیلهٔ سلّولهای اسکلرانشیم محافظی بنام «غلاف آوندی» احاطه می شوند. رگبرگها اسکلت برگ را تشکیل می دهند. هیدراتهای کربن تولید شده در سلّولهای مزوفیل به صورت محلول به وسیلهٔ آبکش در سراسر گیاه انتقال پیدا می کنند. گاهی آب به فاصلهٔ ۱۰۰ متر با برگ فاصله دارد که

توسّط آوندهای چوبی که مشابه آبکشها بخشی از شبکهٔ عظیم هادی را در سراسر گیاه تشکیل می دهند به برگ آورده می شوند. چون رگبرگها بخصوص در دو لپّه ایها در تمام جهات پراکنده اند طبیعی است که هنگام مطالعهٔ برش عرضی برگ زیر میکروسکپ مشاهده نماییم که رگبرگها به صورتهای عرضی، طولی و مماسی، در همان مقطع عرضی قراردارند



شکل ۷-۷ رگ بندی توری در قسمتی از برگ پلومریا

برگهای تک لپّه ایها علاوه بر این که دارای رگبرگهای موازی هستند، معمولاً مزوفیل آنها به صورت لایه های نردبانی و اسفنجی متمایز نمی شود. بعضی از برگهای تک لپّه ایها (مانند گراسها) دارای سلّولهای حبابی بزرگی با دیواره های نازك در دو سمت رگبرگ اصلی مرکزی و به طرف سطح فوقانی می باشند. سلّولهای حبابی در شرایط کم آبی تا حدّی فرو می ریزند در نتیجه پهنک برگ تا خورده و می پیچد و بدین صورت تعرّق کاهش می یابد (به شکل ۱۲-۱۱ رجوع نمایید).

برگهای تخصیص یافته

اگر برگهای تمام گیاهان تحت هر شرایطی معمولی عمل می کردند، تغییرات گوناگون برگها برای گیاهان مزیّت خاصّی نمی داشت. ولی شکل و ساختمان گیاهان جنگلهای بارانی استوایی به آنها اجازهٔ رشد در شرایط بیابانی را نمی دهد. کاکتوس اگر در رودخانه ای کاشته شود بزودی از بین می رود، زیرا ساختار، شکل و چرخهٔ زندگی آن با عوامل محیطی خاصّی یعنی درجهٔ حرارت، رطوبت، نور، آب و شرایط خاك، وفق داده شده است. علاوه براین چون مکانهای اکولوژیکی مختلفی وجود دارند، برگها نیز دارای تنوّع زیادی هستند. در این جا معدودی از آنها مورد توجّه قرار می گیرد.

برگهای در سایه

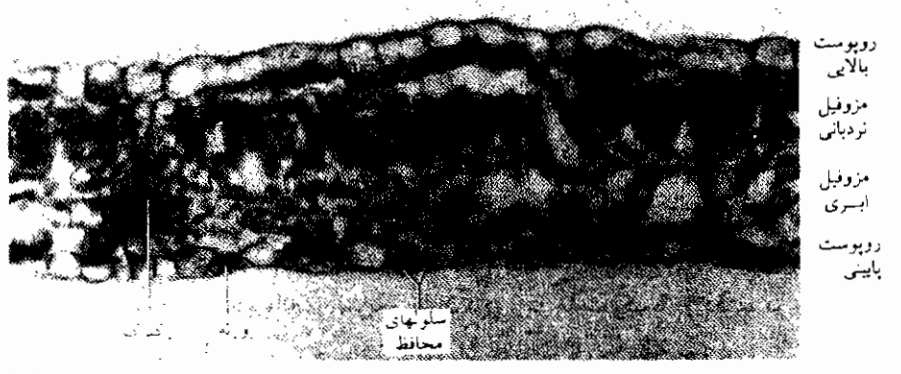
بعضی برگها با تغییرات کمی ممکن است با برگهای دیگر در روی یک گیاه ظاهر شوند. به عنوان مثال برگهای در سایه تمایل دارند نازکتر شده و کرکهای کمتری ایجاد کنند. آنها همچنین تمایل دارند نسبت به برگهایی که در مقابل نور خورشید قرار دارند بزرگتر شده و دارای لایه های مشخّص مزوفیلی و کلروپلاست کمتری داشته باشند (شکل ۸-۷).

برگهای مناطق خشك

گیاهان مناطق اقلیمی متفاوت معمولاً دارای تغییرات مشخّصتری هستند. گیاهانی که در مناطق خشک رشد می کنند برگهای ضخیم و چرمی داشته و تعداد روزنه ها کم است و یا درون فرورفتگیهایی قرار گرفته اند. گیاهان کلاً دارای برگهای آبدار و یا بدون برگ می باشند که در این صورت عمل فتوسنتز را ساقه انجام می دهد. برگها همچنین ممکن است از کرك کاملاً پوشیده شده باشند. درختان کاج که محتویات آبی آنها ممکن است در زمستان و در خاکهای یخ زده محدود شود، برخیٌ تغییرات برگی مشابه گیاهان بیابانی دارند. این تغییرات شامل فرورفتن روزنه ها، کوتیکول ضخیم و داشتن لایه ای از سلّولهای دیوارهٔ ضخیم (هیپودرم) در زیر روپوست باشند (شکل ۹-۷).

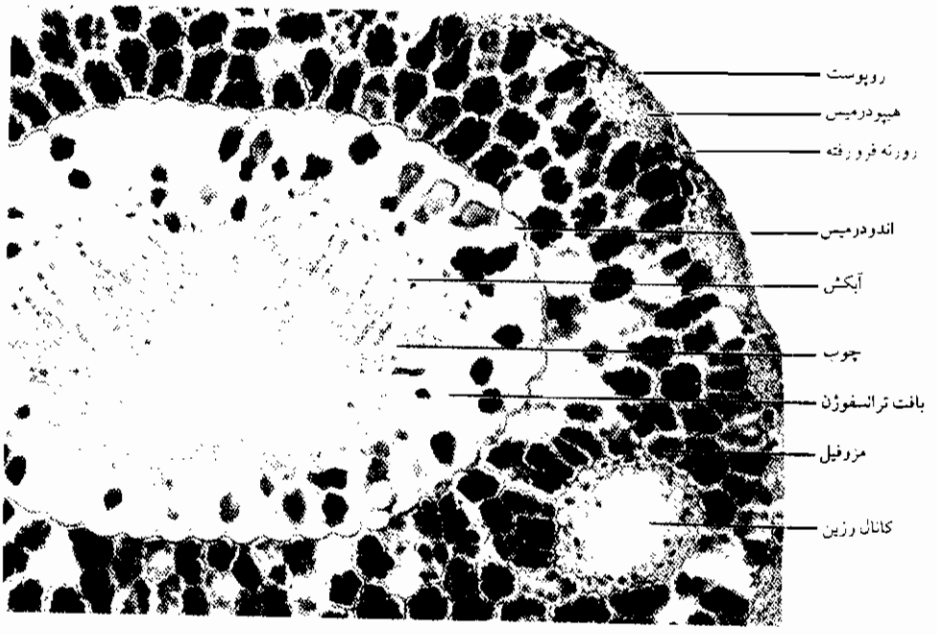
برگهای کاهوی خاردار (*Lactuca serriola*) به سمت شرق و غرب طوری قرار گرفته است که صفحهٔ برگ عمود بر زمین است تاوقتی که خورشید مستقیماً از بالا می تابد تنها به حاشیهٔ برگ برخورد می نماید و بدین صورت کاهش رطوبت به حداقل می رسد. در گیاهان آب زی، برگهای غوطه ور معمولاً بافت چوبی خیلی کمتری نسبت به آبکش دارند. مزوفیل برگهای آنها به شکل لایه های نردبانی و اسفنجی تمایز نیافته و در آنها فضاهای وسیعی مشاهده می شود. دیگر تغییرات در قسمتهای بعدی توضیح داده خواهد شد.

(الف)



(ب)

شکل ۸-۷ قسمتهایی از برگ افرا در مقطع عرضی. الف ـ برگ در معرض آفتاب کامل قرار داده شده. ب ـ برگ در سایه. به کاهش حجم مزوفیل و کلروپلاستها در برگ در سایه توجه نمایید.



شکل ۹-۷ برگ سوزنی کاج در مقطع عرضی

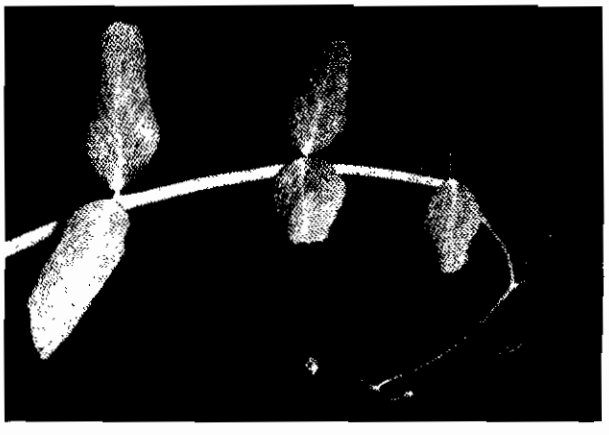
پیچکها

گیاهان بسیاری وجود دارند که بخشی یا تمام برگ آنها به صورت پیچک تغییر کرده است. این نوع برگها محکم به دور اجسام سخت حلقه زده به بالا رفتن گیاهان کمک می کنند و ساقهٔ ضعیف آنها را نگاه می دارند. در نخود فرنگی، برگها مرکّب هستند (شکل ۱۰-۷) و برگچه های انتهایی به رشته های شلاّقی مانندی تغییر یافته اند که مانند تمام پیچکها نسبت به تماس حسّاس می باشند. در حقیقت اگر شما به یک پیچک سالم ضربهٔ محسوسی وارد کنید سلّولها بطور ناگهانی عکس العمل سریعی نشان داده و در مدّت یک یا دو دقیقه در جهت ضربه حلقه می شوند. اگر تماس خیلی کوتاه باشد پیچک حرکت عکسی را نشان داده و مجدّداً به حالت خود بر می گردد. ولی اگر پیچک با یک نگاه دارندهٔ مناسب روبرو شود (مانند یک شاخه) تماس دایمی شده پیچک به سمت آن پیچیده و رشد می نماید.

در گیاه ماش، تمام برگ به صورت پیچک تغییر نموده، لذا فتوسنتز به وسیلهٔ

گوشواره های برگ مانند واقع در پایهٔ برگ صورت می گیرد. در پیچ بالا رونده و یک نوع نسترن، دمبرگها به شکل پیچک عمل می کنند، در حالی که در کلماتیس راکیسها (ادامهٔ دمبرگها) بطور مؤثری به صورت پیچک عمل می کنند. اعضای خانواده کدوییان که شامل خربزه، کدو تنبل، و خیار هستند، پیچکهایی تولید می کنند که ممکن است طول آنها به ۳۰ سانتی متر برسد.

هنگام رشد، پیچکها مانند یک فنر پیچ می خورند. وقتی که پیچک به یک تکیه گاه برخورد می کند، نوك آن دور تکیه گاه می پیچد، ولی بعد جهت پیچ برعکس می شود. سلّولهای اسکلرانشیمی در نزدیک برخورد تولید می شوند باعث مقاومت زیاد و در عین حال انعطاف پذیری آن شده، لذا گیاه در برابر بادهای شدید محافظت می شود. بایستی توجّه داشت که پیچکهای بسیاری از گیاهان دیگر مانند مو برگ تغییر یافته نیستند بلکه از ساقه منشأ می گیرند.



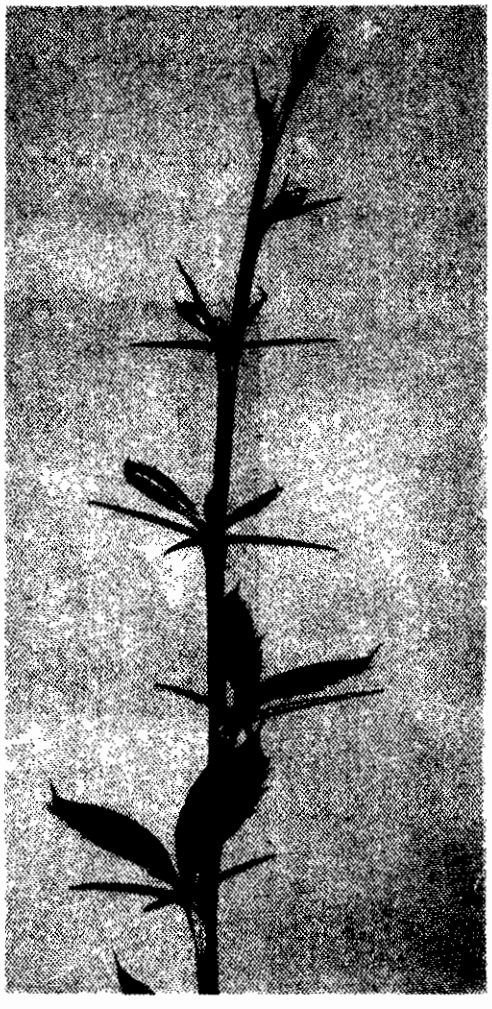
شکل ۱۰-۷ پیچك در نوك برگ نخود

خارها

برگهای تعداد زیادی از گیاهان بیابانی به صورت خار در می آیند. این کاهش سطح برگ باعث جلوگیری از هدر رفتن آب گیاه می شود. همچنین خارها ظاهراً از گیاه در برابر جانوران چرنده محافظت می کنند. فتوسنتز در چنین گیاهان بیابانی به جای برگ در ساقه های سبز آنها صورت می گیرد. در تعدادی از گیاهان چوبی (مانند اقاقیا) گوشواره های پایین برگها به شکل خار کوچک تغییر کرده اند (شکل ۱۱-۷). در زرشک خارها (شکل ب ۱۱-۷) تغییراتی از برگ کامل

هستند و در این جا بیشتر بافت معمولی برگ به وسیلهٔ اسکلرانشیم جایگزین شده است. بمانند پیچکها بسیاری از خارها ساقه های تغییر یافته هستند تا برگهای تغییر یافته. تیغهای گل سرخ و تمشک، نَه برگ هستند و نه ساقه؛ بلکه نتیجهٔ رشد خارجی روپوست و یا پوست زیر آن می باشند.

(الف)



(ب)

شکل ۱۱-۷ خارها، الف ـ گوشواره های گیاه کهور (Prosopis) که به‌خار تغییر یافته.
ب ـ برگهای تغییر یافتهٔ زرشک به خار

برگهای ذخیره ای

همان طور که قبلاً ذکر شد گیاهان بیابانی ممکن است دارای برگهای آبدار باشند (برگها به صورتی تغییر یافته اند تا بتوانند آب بیشتری را نگاه دارند). این تغییرات که اجازهٔ ذخیرهٔ آب را می دهند مربوط به سلّولهای پارانشیمی دیوارهٔ نازك بدون کلروفیل است که زیر بافت کلرانشیم زیر روپوست قرار دارد. این سلّولهای غیر فتو سنتزی دارای واکوئلهای درشتی هستند که قادرند مقادیر قابل توجّهی آب را ذخیره نمایند. تعدادی از گیاهان واجد برگهای آبدار، نوع خاصّی از فتوسنتز را دنبال می کنند (در فصل ۱۰ توضیح داده شده است). در دیگر برگهای گوشتی مانند پیاز خوراکی و سوسن، مقادیر زیادی هیدراتهای کربن ذخیره می شوند که در فصل رویش بعدی به وسیلهٔ گیاه مصرف می شوند.

برگهای گلدانی

بعضی برگهای گیاه دیشیدیا (Dischidia) (شکل ۱۲-۷) یک گیاه گلخانه ای مرموز بومی نواحی گرم و مرطوب استرالیا به صورت کیسه های کوزه مانندی رشد می کند که در آنها مورچه ها به طرز کلنیهایی زندگی می نمایند. مورچه ها خاك را به درون برگها برده و موادّ زاید ازت دار تولید شده خود را به آن اضافه می کنند و با رطوبتی که از برگها و از طریق روزنه های برگ ایجاد می شود یک محیط رویشی بسیار مناسبی را ایجاد می کنند. در این محیط ریشه های نابه جا از همان برگ ایجاد شده و رشد می نمایند. بدین صورت این گیاه شگفت انگیز، نه تنها خود از طریق معمول ایجاد ریشه می نماید بلکه به کمک مورچه ها و در محیطی که ایجاد می شود، ریشه های نابه جا نیز تولید می نماید که مزیتّی برای گیاه محسوب می شوند.

برگهای پنجره ای

در صحرای کالاهاری آفریقای جنوبی، حدّاقل سه گیاه متعلّق به خانوادهٔ ایزوآسه (Aizoaceae) برای زندگی در نواحی خشک و شنی سازشهای خاصّی را پیدا کرده اند. برگهای آنها که شبیه بستنی قیفی است حدود ۳/۷۵ سانتیمتر طول داشته و

در زیر شن مدفون می شوند (شکل ۱۳-۷). تنها سطح سکّه مانند پهن انتهای برگ بیرون از شن قرار می گیرند، این سطح به وسیلهٔ روپوست ضخیم و کوتیکول پوشیده شده و دارای روزنه های کمی است و شفاف می باشد. در زیر سطح توده هایی از سلّولهای ذخیره کنندهٔ آب قرار دارند. این سلّولها اجازهٔ عبور نور را که از پنجره ها وارد می شود به کلروپلاستهای سلّولهای برگ که در اطراف محوطه قرار دارند می دهد. گیاه در این شرایط که بیشتر مدفون است و از بادهای خشک محفوظ می ماند به رشد خود ادامه می دهد. برگهای پنجره ای، در گیاهان گوشتی چند خانوادهٔ دیگر نیز وجود دارند.

شکل ۱۲-۷ برگهای گلدانی گیاه دیشی‌دیا (Dischidia). برگ از وسط بریده شده تا ریشه هایی که از بالا به‌درون برگ ایجاد شده‌اند نشان داده شوند.

شکل ۱۳-۷ گیاه پنجره‌ای . به‌نوک نازک برگهای پنجره‌ای توجّه کنید.

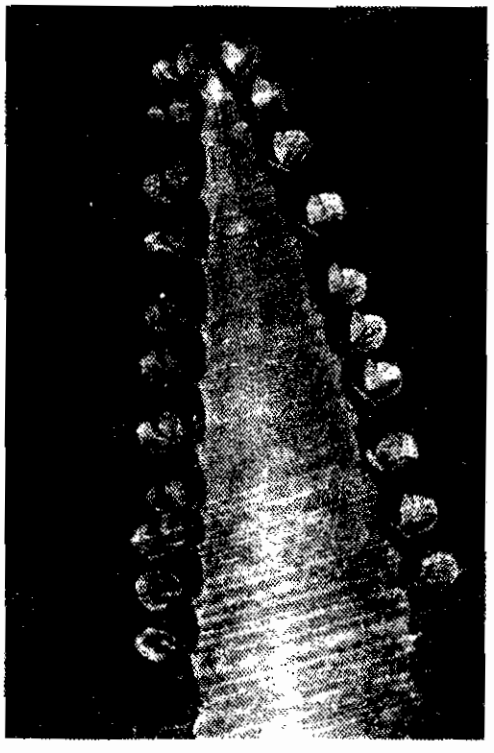
برگهای تولیدمثلی

بعضی از برگهای سرخسهای رونده بطور غیرعادی می توانند در رأس خود تولید گیاه جدیدی را بنمایند. گاه سه نسل گیاه ممکن است در کنار هم یافت شوند. برگهای آبدار گیاهان هوایی (شکل ۱۴-۷) دارای فرو رفتگیهایی در حاشیهٔ برگ هستند که می توانند تولید گیاهچه های کوچکی را بنمایند که دارای ریشه و برگ می باشند. حتّی بعد از این که یک برگ برای مدّتی از گیاه والد جدا شود هریک از گیاهچه ها می توانند در شرایط مناسب به گیاه بالغ تبدیل شوند.

برگهای گل (براکته ها)

برگهای تخصیص یافته ای بنام براکته در پایهٔ گل یا دمگل وجود دارند. در بعضی گیاهان

نظیر بنت قنسول گلها فاقد گلبرگ هستند، لیکن براکته های گل رنگی و نمایشی دارند که گلهای کوچک بدون گلبرگ را احاطه می کنند (شکل ۱۵-۷). در گیاهان دیگر نظیر ذغال اخته که گلهای کوچک خوشه ای دکمه ای شکل دارند گلبرگهای نامشخّصی دارند. براکته های درشت سفید تا صورتی رنگ گل آذین را احاطه می کنند. گرچه بظاهر شبیه گلبرگ هستند لیکن در حقیقت برگهای تغییر یافته می باشند.

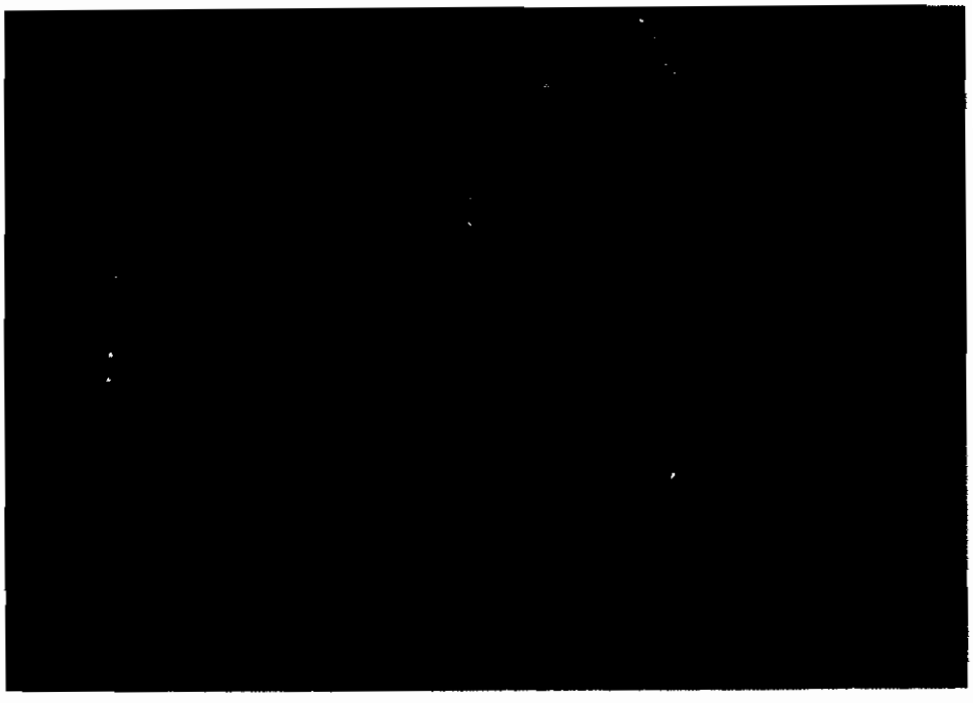


شکل ۱۴-۷ برگهای گیاه کالانکویی (Kalanchoe) با گیاهچه‌هایی که در حاشیهٔ برگ ایجاد شده‌اند.

برگهای حشره خوار

برگهای بسیار تخصیص یافته ای به صورت حشره خوار صدها سال می باشد که انسان را

متحیّر نموده است. تقریباً ۲۰۰ گونه از گیاهان گلدار شناخته شده اند که چنین برگهایی دارند. چنین گیاهانی اساساً در نواحی مردابی و باتلاقی مناطق استوایی و معتدله می رویند. در چنین محیطهایی ممکن است عناصر خاصّی در خاك وجود نداشته و یا به شکل قابل استفاده ای برای گیاه نباشند. بعضی از عناصر ضروری از قسمتهای نرم حشرات یا موجودات دیگر وقتی که به وسیلهٔ این برگها به دام افتاده و تجزیه شدند جذب می شوند. تمام این گیاهان دارای کلروفیل هستند و بنابراین قادرند غذای خودشان را بسازند. نشان داده شده است چنانچه موادّ غذایی مورد نیاز در اختیار گیاهان حشره خوار قرار گیرد بدون حشره نیز می توانند به زندگی خود ادامه دهند و تکثیر نمایند. چهار نحوهٔ مکانیسم شکار حشرات وجود دارد که در گیاهان زیر توضیح داده می شوند.



شکل ۱۵-۷ یك گیاه بنت‌القنسول. در مرکز تعدادی از گلهای بدون گلبرگ قرار دارد. بخش مشخّص و رنگی از براکته‌های رنگی تشکیل شده است که در حقیقت برگهای تغییر یافته‌ای هستند که گلهای حقیقی را در بر گرفته‌اند.

گیاهان حشره‌خوار کوزه‌ای

بعضی از برگهای گیاه کوزه‌ای (Nepenthes sp.) (شکل ۱۶-۷) پهنک گسترده‌ای دارند و مانند برگهای معمولی عمل می‌کنند؛ ولی بعضی برگهای دیگر آنها شبیه گلدانهای با اندازه‌ها و شکلهای مختلف می‌باشند که ممکن است در انتهای بالای گلدان دارای دریچه‌های چترمانند آزادی باشند. بعضی از نمونه‌های آسیایی دمبرگ طویلی دارند که به منظور نگاهداری حول شاخه‌ها می‌پیچید و مانند گیاهان بالا رونده رشد می‌نمایند و کوزه‌های آنها در رأس برگها تشکیل می‌شود. این گیاهان بوی مخصوصی دارند که حشرات را جذب می‌نماید، حشرات هنگام ورود غدد شهد را در حاشیهٔ برگ جستجو می‌کنند و معمولاً به درون برگ پر از مایع می‌افتند. وقتی که آنها برای بالا آمدن تلاش می‌کنند دیواره‌های براق و لغزنده مانع بالا آمدن آنها می‌شوند. در بعضی گونه‌ها دیواره‌ها پوشیده از موم می‌باشد و هنگامی که حشرات برای بالا آمدن تلاش می‌کنند پای آنها با موم پوشیده می‌شود. در حالی که حشره به دام می‌افتد موم بیشتری نیز ساخته می‌شود. اگر گیاه فاقد موم باشد ممکن است در کناره‌ها دارای کرکهای سفت متمایل به پایین باشند که به صورت موانع سختی عمل می‌کنند و مانع از خروج حشرات می‌شوند. سرانجام حشره غرق شده و بخشهای نرم آن توسّط باکتریها و آنزیمهایی که به وسیلهٔ غدّه‌های گوارشی نزدیک کف حفره ترشّح می‌شوند، هضم می‌شوند. قورباغه‌های مالزیایی در کوزه گیاه نپنتس تخم گذاری می‌کنند. تخمها احتمالاً دارای موادّی هستند که آنزیمهای گوارشی را خنثی می‌نمایند. در آمریکای شمالی گیاه کوزه‌هایش را به صورت خوشه‌های عمودی در سطح زمین تولید می‌کند و مکانیسم تله گذاری برای حشرات، شبیه گونه‌های آسیایی است.

سودجویان با کمال بی شرمی در عمده فروشیهای خود مجموعه‌هایی از این گیاهان را به معرض فروش می‌گذارند و این امر ممکن است باعث انقراض این گیاهان در طبیعت شود. گیاه نپنتس کبرا محدود به چند ناحیهٔ باتلاقی کالیفرنیا و ارگان می‌باشد و در فهرست رسمی گونه‌های نادر قرار گرفته است.

شکل ۱۶-۷ برگهای تلهٔ حشره در گیاه نپنتس .

دروزرا

گیاهان کوچکی بنام دروزرا (Drosera sp.) (شکل ۱۷-۷) غالباً دارای اندازه‌ای بیش از ۲٫۵ تا ۵ سانتی متر نیستند. برگهای دایره‌ای تا تخم مرغی آن هرکدام دارای ۱۵۰ تا ۲۰۰ کرک غدّه‌ای راست می باشند. در رأس هر کرک قطرات درخشنده‌ای از مایع چسبناک محتوی آنزیمهای

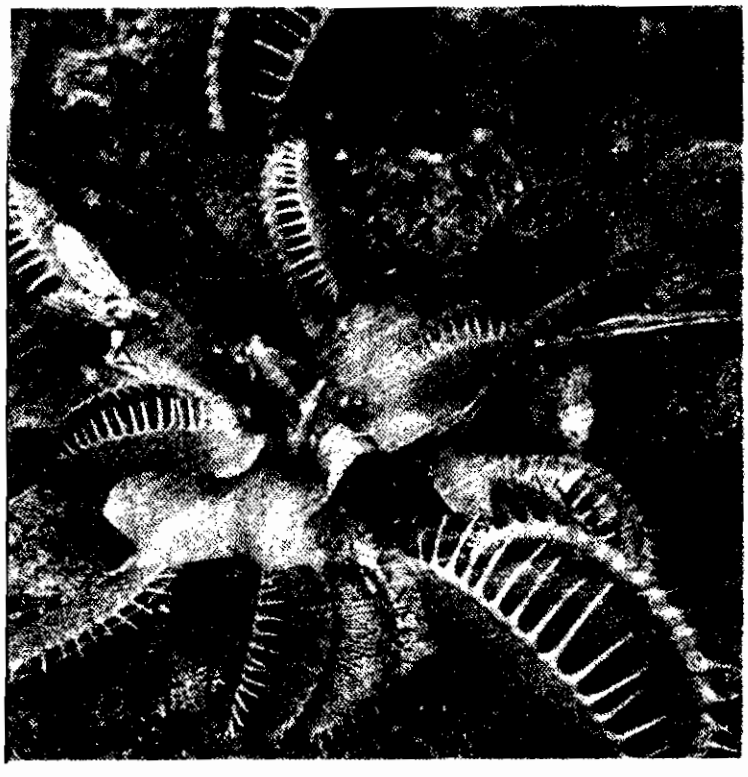
گوارشی می باشند. هنگامی که قطرات در نور خورشید برق می زنند حشرات را به سمت خود جذب می کنند واگر روی آنها فرود بیایند به کرکها می چسبند. کرکها نسبت به تماس دارای حسّاسیت استثنایی هستند، بطوری که به وزن کمتر از یک هزارم میلیگرم پاسخ می دهند و به سمت داخل خم می شوند. حشراتی که وارد شده اند در طیّ چند دقیقه به تله می افتند. آنزیمهای گوارشی بخشهای نرم حشرات را تجزیه کرده و بعد از این که هضم کامل شد (در طیّ چند روز) کرکهای غدّه ای به حالت اوّلیهٔ خود بر می گردند. اگر ذرّات غیر زنده در مایع قرار گیرند کرکها بندرت به آن پاسخ می دهند. نشان داده شده است که این کرکها قادرند بین پروتئینها و موادّ غیرخوراکی فرق قایل شوند. بعضی افراد که دارای گیاهان دروزرا هستند بطور منظّم گیاهان خود را به وسیلهٔ ذرّات کوچک هامبورگر و سفیده تخم مرغ پخته تغذیه می کنند.

روستاییان پرتغالی از خویشاوندان دروزرا که دارای برگهای نه چندان تخصیص یافته ای هستند به عنوان گیاهان مؤثّری در منازل خود برای شکار مگس به جای کاغذ مگس گیر استفاده می کنند. در پاسخ به تماس حشرات زنده به سطح برگ تخصیص یافته گیاهان مشابهی بنام پینگوئی کولا (*Pinguicula*) وجود دارند که به محض تماس حاشیهٔ برگها حلقه زده و طعمهٔ ناآگاه را ناگهان در بر می گیرد.

شکل ۱۷-۷ برگهای حشره‌خوار دروزرا (Drosera)

تله مگس ونوس

تله مگس ونوس (Dionaea) (شکل ۱۸-۷) واجد برگهایی است که شبیه تله های فولادی قدیمی ساخته شده است. این گیاه در طبیعت فقط در نواحی مرطوب کارولنیای شمالی و جنوبی یافت می شود. دو نیمهٔ پهنک برگ این گیاه مانند این است که در وسط رگبرگ میانی دارای لولایی باشند و در حواشی برگ کرکهای سفتی قرار دارد. در سطح داخلی هر نیمه برگ سه کرك کوچک موجود می باشد که اگر دو عدد از آنها توسّط محرّکی لمس شود در طول چند ثانیه دو نیمه پهنک فوراً بسته می شوند و حشره یا جاندار کوچک به دام می افتد. هنگامی که موجود برای رهایی تلاش می کند تله خیلی محکمتر بسته می شود. آنزیمهای گوارشی ترشّح شده به وسیلهٔ برگ بخش نرم حشره را تجزیه کرده و سپس جذب می شود. مانند دروزرا تله ها برای ذرّات غیرزنده ای که تصادفاً در سطح برگ قرار می گیرند بسته نمی شوند. شاید به دلیل این که موادّ غیرزنده دارای حرکتی نیستند که کرکها را تحریک کند.



شکل ۱۸-۷ گیاه حشره‌خوار، بنام (Dionaea)

اوتریکولاریا

اوتریکولاریا (*Utricularia* sp.) گیاهی است با برگهای تقسیم شدهٔ ظریف که در حاشیهٔ آبهای کم عمق دریاچه ها و رودخانه ها به صورت غوطه ور و شناور یافت می شود. نزدیک به پایهٔ بسیاری از برگها کیسه هایی شبیه معده وجود دارد که هرکدام دارای یک درب در مدخل خود می باشند. کیسه ها که بین ۰٫۳ تا ۰٫۶ سانتیمتر قطر دارند حشرات آب زی و جانوران کوچک دیگر را طیّ مکانیسم پیچیده ای به دام می اندازند. چهار کرك حلقه شده ولی سخت در یک سمت مدخل تله قرار دارند هنگامی که یک حشره با آنها تماس حاصل می کند کرکها تحریک می شوند. در این حالت درهای ورودی مانند فنر باز شده و آب به سرعت وارد می شود. جریان آب، طعمه را به درون تله منتقل نموده و بلافاصله بعد از آن در تله بسته شده و طعمه گیر می افتد. این عمل در کمتر از یک صدم ثانیه صورت می گیرد و دارای صدای مشخّصی است که به وسیلهٔ میکروفونهای حسّاس زیر آب شنیده می شود. حشره به تله افتادهٔ سرانجام می میرد و توسّط باکتریها تجزیه شده و محصولات این تجزیه به وسیلهٔ سلّولهای دیوارهٔ کیسه جذب می شوند.

نویسندگان داستانهای علمی تخیّلی عقیده داشتند که در عمق جنگلهای مناطق استوایی گیاهانی وجود دارند که قادرند انسان و حیوانات بزرگ را شکار کنند. لیکن چنین گیاهانی هرگز وجود ندارند. بزرگترین گیاه نپنتس که تا کنون شناخته شده ممکن است یک لیتر مایع را در کوزه اش جای دهد و مشخّص شده که قورباغه های کوچکی درون آن تجزیه شده اند. ولی شکار هرچیز بزرگتر از موش یا خرگوش توسّط آنها بعید به نظر می رسد.

تغییرات رنگ برگها در پاییز

کلروپلاستهای برگهای بالغ دارای چندین گروه رنگدانه هستند مانند کلروفیل سبزرنگ و کاروتنوئیدها که شامل کاروتن زرد رنگ و گزانتوفیل زرد کمرنگ می باشند. هریک از این گروه رنگها نقشی را در فتوسنتز دارا هستند. کلروفیلها معمولاً نسبت به دیگر رنگدانه ها به مقدار بیشتری وجود دارند و رنگ سبز شدید آنها اثر کاروتنها و گزانتوفیلها را می پوشاند. ولی در پاییز کلروفیل تجزیه شده و لذا دیگر رنگها اثر خود را نشان می دهند. دلیل اصلی تجزیهٔ کلروفیل تاکنون شناخته نشده است ولی ظاهراً به کاهش تدریجی طول روز و عوامل دیگر بستگی دارد. رنگدانه های محلول آنتوسیانین و بتاسیانین ممکن است در واکوئلهای سلّولهای بزرگ

در پاییز انباشته شوند. آنتوسیانینها که بیش از بتاسیانین دیده می شوند در حالت اسیدی سلّول به رنگ قرمز و هنگامی که محیط کمی قلیایی شود به رنگ آبی تغیر می کنند و در محیط خنثی به رنگ حدّ واسط می باشند. بتاسیانینها معمولاً قرمز هستند. آنها ظاهراً به چند گروه خاصّ گیاهان مانند کاکتوسها، خانوادهٔ اسفناج و خانواده های لاله عباسی و خرفه محدود می شوند.

شکل ۱۹-۷ گیاه حشره خوار اوتریکولاریا (Utricularia)

بعضی از گیاهان (مانند درخت غان) یک نوع رنگ را در برگها بطور ثابت در پاییز ظاهر می نمایند. لیکن تعداد زیادی (مانند افرا، زبان گنجشک، سماق) در مکانهای مختلف رنگهای مختلفی را ظاهر می نمایند این رنگها حتّی در برگهای مختلف یک گیاه متفاوت است. اختلافات رنگها بستگی به اختلاط و نسبت کاروتنها، گزانتوفیلها و دیگر رنگدانه های موجود

دارد. در جنگلهای برگ ریز شرق آمریکای شمالی خصوصاً در نیوانگلند و شمال درّه می سی سی پی برگهای پاییزی مناظر بسیار زیبا و دیدنی به وجود می آورند. در بخشهایی از ویسکانسین و مینه سوتا می توان رنگهای زیبای قرمز، نارنجی و طلایی افراها، رنگ خرمایی (همچنین زرد)، زبان گنجشکها، زرد روشن صنوبرها، و قرمز برّاق سماقها و شمشادها را کلاً در یک مجموعه مشاهده کرد. بعضی از رنگهای پاییزی تقریباً در هر مکانی از مناطق معتدله که درختان برگ ریز و درختچه ها وجود داشته باشند ظاهر می شوند.

برگ ریزی

گیاهانی که برگهای آنها فصلی می ریزند گیاهان **برگ ریز** نامیده می شوند. در اقلیمهای معتدله برگهای جدید در بهار تولید شده و در پاییز می ریزند؛ ولی در مناطق گرم سیری این عمل منطبق بر فصول خشکی و بارانی است تا تغییرات دما. وقتی که برگ درختان همیشه سبز می ریزند با این حال مقداری برگ بر روی درخت باقی می ماند. بنابراین، هیچگاه مانند درختان برگ ریز در شرایط زمستانی عریان به نظر نمی رسند. عملی که طیّ آن برگهای درختان جدا می شود *خزان* (Abscission) نامیده می شود.

برگ ریزی در نتیجهٔ تغییراتی صورت می گیرد که در ناحیهٔ برگریز نزدیک به انتهای دمبرگ اتّفاق می افتد (شکل ۲۰-۷). گاهی منطقهٔ برگ ریز را می توان از خارج دمبرگ به صورت خط نازکی با رنگ متفاوت مشاهده نمود. هورمونهایی که ظاهراً مانع از تشکیل لایه های برگ ریز و همچنین ریزش برگ می شوند در برگهای جوان تولید می شوند. با مسن شدن برگها، تغییرات هورمونی روی داده و حدّاقل در ناحیهٔ برگ ریز دو لایهٔ سلّول متمایز می شوند. نزدیکترین لایه به ساقه، لایهٔ محافظ می باشد که ممکن است به اندازهٔ چند سلّول ضخامت داشته باشد که به وسیلهٔ موادّ چرب سوبرینی نیز اشباع می شوند. در مجاور برگ یک لایهٔ جداکننده توسعه می یابد که در طیّ آن، سلّولها متورّم شده و گاه تقسیم و ژلاتینی می شوند. در پاسخ به هر تغییر محیطی (مانند کاهش دما، کاهش طول روز یا شدّت نور، نبودن آب کافی یا آسیب برگ) پکتین موجود در تیغهٔ میانی سلّولهای لایهٔ جداکننده توسّط آنزیمها تجزیه می شود، لذا تمام آنچه که در این محلّ، برگ را روی ساقه نگاه می دارد بعضی از رشته های بافت چوبی هستند. سپس باد و باران ارتباط این رشته ها را بسادگی قطع می کنند و زخمهای کوچکی درون زخم برگ به وجود آمده و برگها به زمین می افتند (به شکل ۱-۵ رجوع شود).

شکل ۲۰-۷ ناحیهٔ برک‌ریز یا ریزش در برگ.

رابطهٔ اکولوژیکی انسان و برگها

انسان از درختان سایه دار و درختچه ها در محوطه سازی برای زیبایی و همچنین سایه استفاده می کند. برگهای گیاهان سایه دار که در مجاور یک واحد مسکونی کاشته می شوند اختلاف قابل ملاحظه ای را در هزینه انرژی برای ساکنین خانه ایجاد می نمایند. انسان همچنین از برگهای کلم، جعفری، کرفس، کاهو، اسفناج، و دمبرگ ریواس، به‌عنوان موادّ غذایی استفاده می کند. بسیاری از چاشنیها و ادویه جات از برگها تهیّه می شوند که شامل آویشن، مرزه، فرنجمشک، پونه، ترخون، نعناع، ریحان، شوید و خردل، می باشد. بعضی از رنگها (مانند رنگ زرد از انگور خرسی، رنگ قرمز از حنا، و رنگ آبی کم‌رنگ از زبان گنجشک) از برگها استخراج می شوند. بسیاری از الیاف جهت تهیّهٔ طناب و ریسمان از برگها به دست می آید. از گونه های مختلف گیاه آگاو حدود ۸۰ درصد محصولات لیفی جهان حاصل

می شود. الیاف زه کمان از خویشاوند گیاه خانگی سانسویریا به دست می آید. الیاف مانیلی که در طنابهای کشتی و پارچه های ظریف استفاده می شود از برگهای نوعی موز استخراج می شوند. کلاههای پانامایی از برگهای خرمای پانامایی ساخته شده و برگهای خرما و علفهای آنها در نواحی گرمسیر به عنوان موادّ کاهی در کلبه ها و ساختمانهای دیگر به کار می رود.

در کوهستانهای مرتفع شیلی و پرو از برگهای گیاه آزورلا (*Azorella*) جهت سوخت استفاده می شود. آنها رزین تولید می کنند که هنگام سوختن، شعلهٔ فوق العاده گرمی ایجاد می کند. برگهای بسیاری از گیاهان، تولید روغن می کند. برای مثال روغنی از برگهای واریته ای از درخت پرتقال استخراج می شود. از اسطوخودوس برای معطّرکردن صابونها و بعضی موادّبهداشتی استفاده می شود. از روغن گیاهان پوگوستمون (*Pogostemon*) و سیمبوپوگون (*Cymbopogon*) در عطرسازی استفاده می شود. همچنین روغن سیمبوپوگون زمانی قبل از تولید حشره کشهای مصنوعی به عنوان حشره کش طبیعی مورد استفاده بود. روغنهای اوکالیپتوس، کافور، ملالویکا (*Melaleuca*) و هدوما (*Hedeoma*) (شکل ۲۱-۷) تماماً مصرف دارویی دارند.

شکل ۲۱-۷ گیاه هدوما (Hedeoma)

برگها منابع مهمّ داروهای مورد استفاده در پزشکی و نیز موادّ مخدر و سمّی هستند. کوکائین که از گیاهان بومی آمریکای جنوبی به دست می آید به عنوان یک داروی بی هوشی محلّی استفاده شده و کاربرد آن در سالهای اخیر به صورت مادّهٔ مخدّر مشکلاتی را برای ملتهای غربی ایجاد نموده است. بومیان (Ande) برگهای کوکا را هنگام کارکردن مصرف می کنند و گزارش شده است که آنها تحت تأثیر کوکائین با مصرف موادّ غذایی کمتر و یا حتّی بدون غذا توانایی انجام کارهای فوق العاده زیادی را دارند. ظاهراً این دارو که شدیداً معتاد کننده است به این ترتیب که عصبهایی که احساس گرسنگی را به مغز می رسانند بی حس می کند. بلادون دارویی پیچیده و حاصل از برگهای تاجریزی سمّی می باشد که بومی اروپاست. این گیاه برای قرنها در پزشکی استفاده می شده است و چندین دارو اکنون به عنوان بلادون جداسازی می شوند. در میان آنها آتروپین قرار دارد که در درمان شوك، اتّساع چشم، تخفیف دردهای موضعی و کنترل ترشّحات به کار می رود. آسکوپالامین نیز از مشتقّات بلادون است که به عنوان مسکّن و خواب آور مصرف می شود. گیاه اروپایی دیگری بنام گل انگشتانه منبع دیژیتالیس است. این دارو قرنها در تنظیم گردش خون و ضربان قلب به کار می رفته است.

در حال حاضر بیش از ۹۴۰ میلیون کیلوگرم تنباکو جهت دودکردن، جویدن به صورت انفیه در هرسال در سراسر دنیا تولید می شود. همچنین اکنون حدود ۱۲۵۰۰۰ آمریکایی هرسال در اثر سرطان ریه می میرند و تقریباً تمام آنها سابقهٔ کشیدن سیگار داشته اند. کشیدن سیگار نیز بطور مؤثّری در ایجاد بیماریهای قلب و عروق تأثیر دارد. در طیّ سالهای اخیر زیادشدن مصرف تنباکو به صورت جویدن به رشد سرطانهای دهان و گلو افزوده است. قانون حکومتی از غلظتهای بیش از ۵ قسمت در میلیارد قسمت نیتروزامینها را (مواد شیمیایی سرطان زا) در بهبودسازی گوشت منع می کند؛ لیکن میزان نیتروزآمین در ۵ نوع تنباکوهای جویدنی در طیفی معادل ۹۶۰۰ تا ۲۸۹۰۰۰ قسمت در میلیارد قسمت قرار دارد. گرچه انسانها برای مدّتهاست که از تنباکو استفاده می کرده اند لیکن مضرّات آن برای سلامتی انسانها در دو دهه اخیر بیشتر شناخته شده است.

ماری جوانا نیز گیاه بحث انگیز دیگری است که بطور وسیعی هزاران سال است که بطرق گوناگون مصرف می شود. مادّهٔ فعّال آن تتراهیدروکانابنیول (THC) اگرچه در برگها، یافت می شود ولی در ترشحّات کرکهای گلهای ماده متمرکز می باشد. در دهه های اخیر، مصرف ماری جوانا در نیمکرهٔ غربی افزایش یافته است. ماری جوانا برخلاف نظر بسیاری از

افراد، مادّهٔ خیلی مضرّی نمی باشد. نشان داده شده است که استفادهٔ عادی از ماری جوانا در طول یک سال همان اثری را بر روی ریه دارد که کشیدن یک یا نیم بسته سیگار در روز به مدت ۱۳ سال. تصمیم برای قانونی کردن تجویز ماری جوانا به صورت قرص جهت کاهش تهوّع در رابطه با شیمی درمانی به وسیلهٔ بعضی دست اندرکاران دارو، مورد انتقاد قرار گرفته است.

داروی سولفات لوبلین از برگهای گیاهی که خویشاوند نزدیک لوبلیای باغچه است به دست می آید. مصرف آن در ترکیباتی است که توسّط افراد ترك کنندهٔ سیگار مورد استفاده قرار می گیرد. ازبرگهای چندین گونه صبر زرد بویژه گونهٔ ورا(*Aloe vera*)شیره ای حاصل می شود که برای درمان انواع سوختگیهای پوستی ازجمله سوختگیهای ناشی از برخورد اشعّهٔ X به‌کار می رود.

چندین نوشابه از تخمیر برگها به دست می آید. چایهای فراوانی از گیاهان متنوعّی به دست می آیند ولی اکثراً از خویشاوندان کاملیای باغچه گرفته می شوند. ماته چای مورد توجّه مردم آمریکای جنوبی از تخمیر برگها و شاخه های درخت خاس به دست می آید. منشأ نوشابه های الکلی پونک و بکی لا از برگهای گیاهان آگاو، و نوشابهٔ افسنطین طعم منحصربه فرد خود را از برگهای گیاه افسنطین، خویشاوند درمنهٔ غربی، و دیگر چاشنیها مانند بادیان رومی می گیرد.

انواع مختلف حشره کشها نیز از برگها ساخته می شوند. یک نوع روتنون و مادّه ای مربوط به نیکوتین از گیاهان گرمسیری به دست می آید. هردو در برابر حشرات گوناگون مؤثّرند. برگهای خشک شدهٔ گیاهی بنام سوسک مکزیکی (*Haplophyton* sp.) در کشتن سوسک حمام، مگسها، ککها، و شپشها مؤثّر است. عصاره های آبکی برگها و دیگر بخشهای گیاهی بنام درخت نیم هندی (*Melia* sp.) گزارش شده است که بیش از ۱۰۰ گونه از حشرات، کرمها، و نماتودها را کنترل کرده و در عین حال تأثیر بدی بر حشرات مفید ندارد.

مومهای کارنوبا و کاسائو از برگهای خرماهای گرمسیری به دست می آید. برگها به وسیلهٔ گل فروشان در آرایش گل و تزیین دسته های گل مورد استفاده قرار گرفته و کاربرد آنها به منظور زیباسازی فراوان است. در آینده برگها ممکن است استفاده های فراوانی به عنوان منبع مهّم غذایی پیدا کنند. نشان داده شده است که دلمهٔ به دست آمده از انعقاد شیرهٔ حاصل از فشردن برگهای یونجه دارای بیش از ۴۰ درصد پروتئین بوده و از شیرهٔ حاصل از برگهای دیگر بیش از ۵۰ درصد پروتئین به دست آمده است. آزمایشات برای تهیّهٔ دلمه ای که مصرف آن برای انسان مطبوع باشد در جریان است. اطّلاعات اضافی در خصوص کاربردهای گذشته و حال برگها در فصل ۲۳ ارائه خواهد شد.

خلاصه

۱. برگها، نظیر صفحات خورشیدی هستند، چون روپوست شفّاف آنها اجازهٔ نفوذ نور را به درون برگ داده و بسیاری از برگها به وسیلهٔ دمبرگهای خود پیچ می خورند تا سطوح پهن آنها در طول روز رو به آفتاب و نور قرار گیرد.

۲. سطح پایینی و سطح بالایی برگها دارای روزنه هایی هستند که به هوا اجازهٔ گردش می دهد و از طرف دیگر فتوسنتز مهمترین عمل برگها را آسان می کنند. برگها هچنین تنفّس می کنند و مواد زاید را انباشته کرده و از طریق تعرّق رطوبت اضافی را خارج می سازند. اشکال، اندازه ها، و بافت برگها بسیار متفاوت است.

۳. تمام برگها، از پریموردیوم منشأ می گیرند. اکثر برگها دارای یک دمبرگ و یک پهنک هستند. بعضی در قاعدهٔ دمبرگ واجد دو گوشواره هستند. برگهای گیاهان گلدار ممکن است ساده یا مرکّب بوده و تماماً به همراه شکافهای برگی می باشند.

۴. رگ بندی و همچنین مرکّب بودن برگها، یا شانه ای است و یا پنجه ای. در برگهای شانه ای رگ برگ اصلی، رگ برگ میانی برگهای ساده وراکیس در برگهای مرکّب می باشد. برگهای تک لپّه ایها دارای رگ برگهای موازی هستند. در تعداد کمی برگها، رگ برگها آرایش دو شاخه ای دارند که گفته می شود واحد رگ بندی دیکاتومی هستند.

۵. روپوست، یک لایهٔ سلّولی است که تمام برگ را می پوشاند. روپوست به وسیلهٔ کوتیکول نازکی پوشیده شده و نیز ممکن است واجد موم، غدّه، کرك و همچنین کریستال درون سلّولها، باشد. روپوست تحتانی معمولاً دارای منافذ (روزنه) فراوانی است. هر روزنه از یک جفت سلّول محافظ تشکیل می شود که خروج آب تبخیر شده از برگ و همچنین تبادل گازها را بین برگ و اتمسفر تنظیم می نماید.

۶. مزوفیل موجود بین روپوست فوقانی و تحتانی، به یک لایهٔ نردبانی فوقانی که شامل ردیفهایی از سلّولهای پارانشیمی محتوی کلروپلاست فراوان است و یک لایهٔ اسفنجی تحتانی که سلّولهای پارانشیمی بی نظمی هستند، تقسیم می شود. لایهٔ اسفنجی دارای مقادیر قابل توجّهی از محوطّه های هوایی می باشد. مزوفیل معبر رگ برگهاست.

۷. برگها ممکن است به طرق گوناگون تخصیص یافته باشند. هر تغییر معمولاً در ارتباط با عوامل طبیعی صورت می گیرد. گیاهان مناطق خشک دارای برگهای ضخیم، تعداد روزنه های کم و بافتهای ذخیره کنندهٔ آب و یا کلاً بدون برگ هستند. دیگر برگهای

تخصیص یافته شامل پیچکها که به نگاه داشتن گیاه کمک می کنند، برگهای ذخیره کنندهٔ موادّ غذایی، خارها که سطح را کاهش داده و به حفاظت کمک می کنند، برگهای گلدانی، برگهای پنجره ای، برگهای تولید مثلی، برگهای گل (براکته ها) و چندین نوع برگ حشره خوار می باشند.

۸. برگها در پاییز به علّت تغییراتی که در منطقهٔ ریزش در قاعدهٔ دم برگ هر برگ گیاهان برگ ریز بروز می کند می ریزند. یک لایهٔ محافظ سلّولهای چوب پنبه ای و یک لایهٔ سلّولهای جداکننده که برآمدگی حاصل کرده و ژلاتینی می شوند ایجاد می شود. تشکیل این لایهٔ پاسخی است به تغییرات محیطی در پاییز که از تشکیل هورمونهای باز دارندهٔ این لایه جلوگیری می نمایند.

۹. در پاییز رنگ برگها تغییر یافته زیرا رنگدانهٔ سبز کلروفیل تجزیه شده و در عوض رنگدانه های دیگر ظاهر می شوند. به علاوه رنگدانه های محلول آنتوسیانین و بتاسیانین که به رنگهای قرمز یا آبی می باشند در واکوئلهای سلّولها تجمع می یابند. برگهای بعضی گیاهان در پاییز رنگ مشخّصی پیدا می کنند، در حالی که برگهای دیگر دارای رنگهای متنوعّی می باشند که به محلّ و حتّی وضعیت برگها روی درخت بستگی دارد.

پرسشهای یادآوری

۱. چرا برگها، آوندهای ثانویّه ندارند؟

۲. براکته ها، چه هستند؟

۳. شناسایی و تعریف کنید: هیداتود، تعرّق، سلّولهای محافظ، مزوفیل، رگبندی، غدّه، برگ مرکّب.

۴. چگونه می توان روپوست بالایی را در اکثر برگها از روپوست پایینی تشخیص داد؟

۵. عمل غلاف آوندی چیست؟

۶. برگها در نواحی سایه، چه تفاوتی با برگهای همان گیاه دارد که در نواحی آفتابی قرار دارند؟

۷. چه تغییرات برگی در رابطه با نواحی خشک، مرطوب (نظیر دریاچه)، بالارفتن گیاه، و تکثیر یا تولید مثل آن، وجود دارد؟

۸. چرا رنگ برگها در پاییز تغییر می کند؟

پرسشهای تشریحی

۱. آیا می توان مزیتی یا زیانی را برای گیاه در داشتن برگهای کوچک یا بزرگ تصوّر نمود؟
۲. در فصل سوّم توجّه شد که سلّولهای زنده به وسیلهٔ پلاسمودسماتها که از میان منافذ ظریف دیوارها عبور می کنند به هم مربوط می شوند. اگر چنین است، آیا برگها جهت اکتساب و توزیع مواد نیاز به رگ برگ دارند؟
۳. آیا داشتن مزوفیل نردبانی در نیمهٔ فوقانی و مزوفیل اسفنجی در نیمهٔ تحتانی، مزیّتی برای برگ دارد؟
۴. کاجها و دیگر گیاهانی که در اقلیمهای بسیار سرد می رویند شبیه گیاهان بیابانی دارای روزنه های فرورفته می باشند، با این حال بارش سالانه در محلی که آنها می رویند ممکن است خیلی زیاد باشد. آیا چنین تغییراتی برای آنها مزیّتی دارد؟
۵. از آن جایی که پیچکها و خارها برگها و یا ساقه های تغییر یافته ای هستند، چگونه می توان منشأ یک نمونه را تشخیص داد؟

منابع اضافی

Addicott, F. T. 1982. *Abscission*. Berkeley, CA: University of California Press.

Cutter, E. G. 1971. *Plant anatomy: experiment and interpretation. Part 2: Organs*. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Co.

Dale, J. E., and F. L. Milthorpe, eds. 1983. *The growth and functioning of leaves*. Fair Lawn, NY: Cambridge University Press.

Darwin, C. 1884. *Insectivorous plants*. New York: Murray.

Esau, K. 1988. *Plant anatomy,* 3d ed. New York: John Wiley and Sons.

Feininger, A. 1984. *Leaves: one hundred seventy-seven photographs*. Mineola, NY: Dover Publications.

Juniper, B. E., et al. 1989. *The carnivorous plants*. San Diego, CA: Academic Press.

Lloyd, F. E. 1976. *Carnivorous plants*. New York: Dover Publications, Inc.

Martin, E. S., and M. E. Donkin. 1983. *Stomata.* Baltimore, MD: E. Arnold Publications.

Philipson, W. R., and E. E. Balfour. 1965. "Vascular patterns in dicotyledons." *Botanical Review* 29: 382–404.

Prance, G. T. 1985. *Leaves: the formation, characteristics and uses of hundreds of leaves found in all parts of the world.* New York: Crown Publishers, Inc.

Roth, I. 1984. *Stratification of tropical forests as seen in leaf structure.* Norwell, MA: Kluwer Academic Publications.

Steeves, T. A., and I. M. Sussex. 1989. *Patterns in plant development,* 2d ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

فصل هشتم ـ گلها، میوه‌ها، دانه‌ها

رؤوس مطالب

برخی اهداف فراگیری

نظر اجمالی

مقدّمه

تفاوتهای بین تک‌لپّه‌ایها و دولپّه‌ایها

ساختمان گلها

میوه‌ها

مقدّمه

بخشهای میوه

انواع میوه

میوه‌های گوشتی

میوه‌های مجتمع

میوه‌های مرکّب

میوه‌های خشک

پراکنش دانه و میوه

پراکنش به وسیلهٔ باد

پراکنش توسّط جانوران

پراکنش به وسیلهٔ آب

مکانیسمهای دیگر پراکنش

دانه‌ها

ساختمان

رویش

قوّهٔ نامیه

خلاصه

پرسشهای یادآوری

پرسشهای تشریحی

منابع اضافی

یك گل نیلوفر آبی (Nymphaea sp.)

فصل هشتم

گلها، میوه ها، دانه ها

برخی اهداف فراگیری

۱ - آشنایی با اجزای یک گل و عمل آن.

۲ - شناخت خصوصیاتی که تک لپّه ایها را متمایز می نماید.

۳- شناخت اختلاف بین میوه ها و سبزیجات.

۴- آشنایی با بخشهای مختلف میوه.

۵- شناخت ۵ نوع از میوه های آبدار و خشک و فراگیری نحوهٔ تشکیل میوه های ساده، مجتمع، و مرکّب از گلها.

۶- فراگیری سازش میوه ها و دانه ها به مکانیسمهایی که باعث انتشار آنها می شوند.

۷- رسم دیاگرام و مشخّصات یک دانهٔ بالغ دو لپّه (نظیر لوبیا) و یک دانه تک لپّه (نظیر ذرّت) به وسیلهٔ مقاطعی که بخشهای مختلف آن را نشان دهد.

۸- درك تغییراتی که دانه هنگام تندش حاصل می نماید و شرایط محیطی ضروری برای تندش.

۹- شناخت عوامل گوناگونی که نهفتگی را در گیاه کنترل می کند، و همچنین آشنایی با چگونگی شکسته شدن دورهٔ نهفتگی به وسیلهٔ عوامل طبیعی و مصنوعی.

نظر اجمالی

در این فصل، به مطالعهٔ ساختمان و بخشهای گوناگون گلها خواهیم پرداخت و بعضی از تغییرات آنها را مورد توجّه قرار خواهیم داد. یک مقایسهٔ مختصر بین تک لپّه ایها و دولپّه ایها ارائه خواهد شد. سپس طبیعت و رشد میوه مورد بحث قرار می گیرد و در مورد ساختمان و بکرزایی میوه ها توضیحاتی داده خواهد شد. متعاقب آن، فهرستی از اقسام میوه های خشک و آبدار داده می شود و سپس مکانیسمهای انتشار میوه و دانه ها تشریح خواهد شد. این فصل، با تشریح دانه و ساختمان و تندش و ملاحظاتی در مورد خواب، طول عمر دانه استراتیفیکاسیون، و زنده زایی به انتها می رسد.

مقدّمه

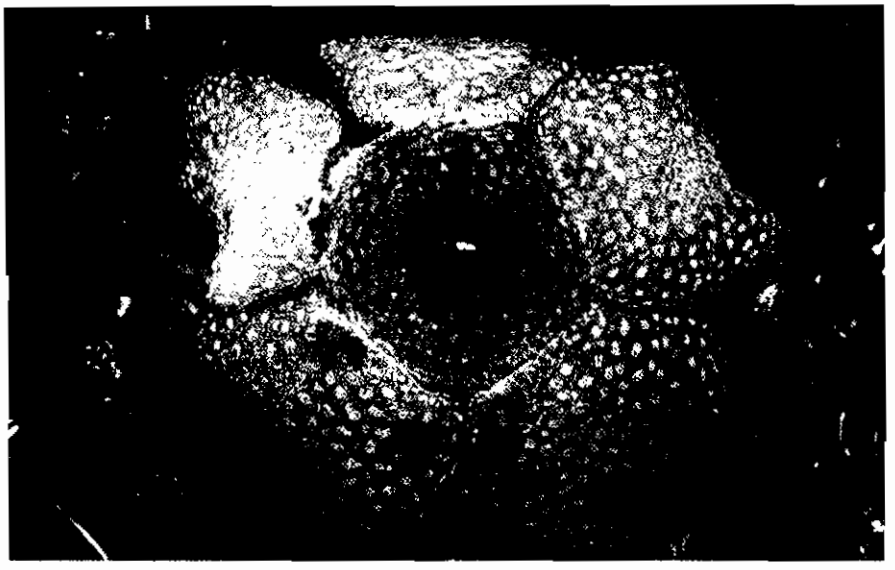
چند سال قبل یک کشاورز استرالیایی به زمینی که درحال شخم زدن آن بود نگاهی افکند و با تعجّب مشاهده نمود چیزهایی شبیه گل از شیارهایی که کنده می شد بیرون می آمد. با دقّت بیشتر متوجّه شد که آنها در حقیقت گل هستند؛ با این تفاوت که گل و گیاهی که آن را ایجاد می کند بدون کلروفیل و بی رنگ می باشند. این کشاورز، کشف خود را به دانشگاه گزارش نمود و گیاه شناسان به این نتیجه رسیدند که این اوّلین گل زیر زمینی شناخته شده است که به دست آن کشاورز کشف شده است. این گیاه از گیاهان ارکیده بود که از موادّ آلی درون خاك تغذیه کرده و به وسیلهٔ حشرات کوچکی که از شکاف و شیارهای خاك نفوذ کرده گرده افشانی می شد (شکل ۱-۸).

ارکیدهٔ گلدار زیر زمینی، تنها یکی از ۲۴۰۰۰۰ گونه گیاهان گلداری است که شناخته شده است. علاوه براین، گونه های شناخته نشده ای نیز در بعضی مناطق دور افتاده خصوصاً در مناطق گرمسیری ممکن است وجود داشته باشد. وجود گیاهان گلدار برای زندگی انسانها حیاتی می باشند و استفاده های بی شماری دارند. تنها یازده گونهٔ آنها که ده گونهٔ آن متعلّق به خانوادهٔ گندمیان می باشد ۸۰ درصد از مواد غذایی دنیا را تأمین می نمایند (برای توجیه بیشتر به فصلهای ۲۳ و ۲۴ رجوع شود).

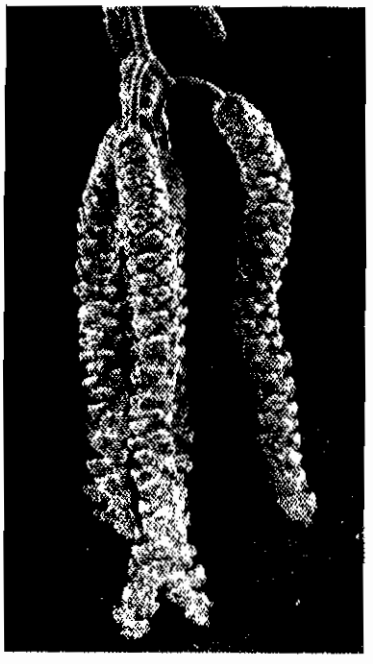
گلها از نظر اندازه بسیار متفاوتند، بعضی نظیر عدسک آبی (*Wolffia*) ممکن

است تنها ۰/۵ تا ۰/۷ میلیمتر گسترش یابند و گلهای آنها بیش از ۰/۱ میلیمتر نباشد و در مقابل گلهای درشت را فلز یا (*Raffelsia*) دارای یک متر قطر و حدود ۹ کیلوگرم وزن می باشند. گلها از نظر رنگ و ظاهر نیز بسیار متفاوتند. بافت گل می تواند ضخیم، چرمی، اسفنجی، چسبناك، کرکدار و حتّی بسیار مرطوب و شبنمی باشد. تعداد زیادی از گلهای درختان و بوته ها و علفهای هرز خیلی کوچک و فاقد هرگونه رنگ و عطر می باشند، ولی بسیاری دیگر زیبا می باشند، بخصوص هنگامی که با میکروسکپ تشریح بررسی می شوند. تعداد زیادی نیز از عطر و رایحهٔ دلپذیری برخوردار بوده و در صنایع عطرسازی بین المللی در ساخت عطرها و اسانسها شهرت دارند.

شکل ۱-۸ گلهای ارکیدهٔ استرالیایی که گیاه آن، تمام چرخهٔ زندگی خود را درون خاك کامل می‌نماید.



شکل ۲-۸ گل رافلزیا (Rafflesia). این گلها ممکن است به‌قطر یك متر برسند.



شکل ۳-۸ سنبله (Alnus). هر سنبله از تعداد زیادی گلهای بدون گل‌برگ کوچك و نامشخّص تشکیل گردند که به‌وسیلهٔ باد گرده‌افشانی می‌شوند.

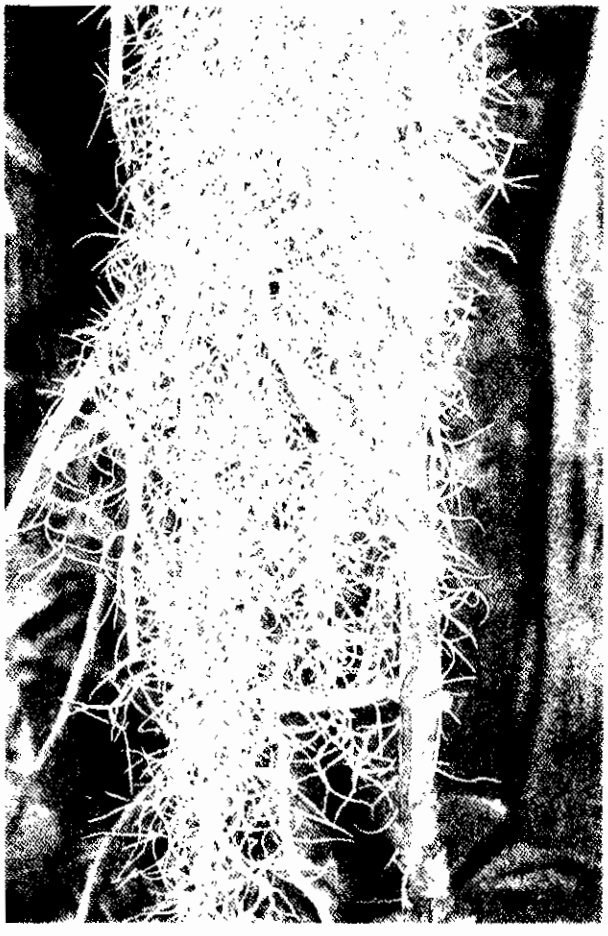
زیستگاههای گیاهان گلدار به اندازهٔ اَشکال آنها متفاوت است. علاوه بر زیستگاه زیر خاك که گفته شد، بعضی روی سیمها و برخی روی گیاهان دیگر رشد می کنند (شکل ۴-۸). گیاهان گلدار همچنین در آب شور و شیرین، درزها و شکافها، صحراها و جنگلها، در مناطق سرد قطبی و در جاهایی که دما حتّی در سایه تا ۴۵ درجهٔ سانتیگراد می رسد یافت می شوند. در حقیقت گلها در هر جایی که نور و رطوبت و حدّاقل موادّ معدنی موجود باشد می توانند تولید شوند. یک گونه از گیاه قناری تا ارتفاع ۶۱۳۵ متری کوههای هیمالیا دیده شده است و گیاهی نیز در ناحیه ای که درجهٔ حرارت تا ۱۸- درجه سانتیگراد تنزّل می کند قادر به گل دهی می باشد.

طول چرخهٔ زندگی گیاهان گدار از یک ماه تا ۱۵۰ سال متفاوت است. گیاهانی که در یک فصل رویش دورهٔ زندگی خود را کامل می کنند گیاهان یک ساله اند و گیاهانی که در دو سال این چرخه را تکمیل می نمایند دو ساله، ولی گیاهان چند ساله به گیاهانی گفته می شود که از زمان تندش دانه تا هنگامی که گیاه مجدّداً دانه ایجاد می کند بایستی چند سال بگذرد. گیاهان چند ساله گلهایی را ایجاد می کنند که در زمستان از بین می روند ولی بخشهای دیگر پایدار باقی می مانند.

گیاهان گلدار دو ردّه بزرگ را تشکیل می دهند. این دو ردّه عبارتند از دولپّه ایها و تک لپّه ایها. اعضای این دو رده براساس خصوصیات فهرست شده در جدول ۱-۸ مشخّص می شوند.

جدول ۱-۸ بعضی از تفاوتهای بین دولپّه‌ایها و تك‌لپّه‌ایها

دولپّه ایها	تک لپّه ایها
۱- دانه ها دارای دولپّه (برگهای دانه)	۱- دانه ها دارای یک لپّه (برگ دانه)
۲- اجزای گل ۴ یا ۵، یا مضربی از آنها	۲- اجزای گل ۳ یا مضربی از ۳
۳- برگها دارای رگ بندی مشبّک	۳- برگها دارای رگ بندی کم و بیش موازی
۴- کامبیوم آوندی و غالباً کامبیوم چوب پنبه در آنها وجود دارد	۴- فاقد کامبیوم آوندی و چوب پنبه
۵- دستجات آوندی ساقه به صورت حلقه	۵- دستجات آوندی ساقه به صورت پخش
۶- دانه های گرده معمولاً با ۳ فرورفتگی (نواحی نازك دیوارهٔ سلّول به شکلهای ۴-۲۲ و ۵-۲۲ رجوع شود	۶- دانهٔ گرده بیشتر دارای یک فرورفتگی



شکل ۴-۸ خزهٔ اسپانیایی. خزهٔ اسپانیایی یك گیاه گلدار غیرانگلی است که از سیمها و گیاهان دیگر آویزان می‌شود. این گیاه نیایستی با گل‌سنگ اشتباه شود (به‌فصل ۱۸ رجوع شود). گل‌سنگها نیز گاه از چیزهایی آویزان می‌شوند.

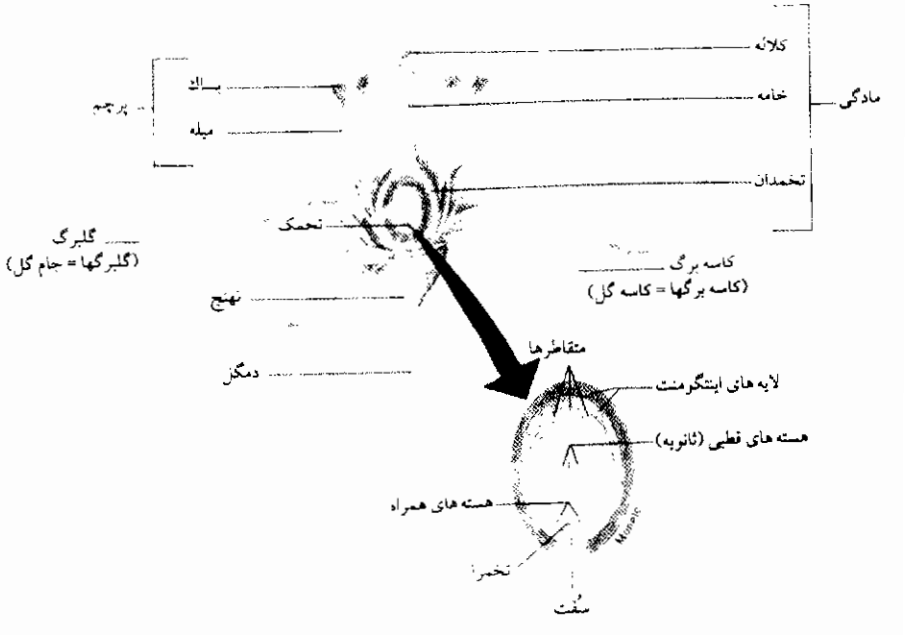
تفاوت بین تك لپّه ایها و دولپّه ایها

اندکی کمتر از سه چهارم تمام گیاهان گلدار، دولپّه ای هستند. دولپّه ایها شامل تعدادی از گیاهان یک ساله و تقریباً همهٔ درختچه ها و درختان گلدار می شوند. تک لپّه ایها عمدةً علفی

هستند شامل گیاهان پیازدار (مانند سوسن)، علفها، ارکیده‌ها، زنبقها و خرماها؛ و عقیده براین است که از اجداد دولپّه ایهای اوّلیه تکامل یافته‌اند.

ساختمان گل

صرف نظر از شکل، تمام گلها دارای یک سری مشخّصات کلّی و مشترك هستند. یک گل بخشهای مختلفی را تولید می‌کند که هرکدام دارای نقش معیّنی هستند (شکل ۵-۸). هر گل، از پریموردیوم جنین ایجاد می‌شود که در جوانه قرار دارد (به فصل ۵ رجوع شود). گل در انشعاب خاصی و در نوك دم گل ایجاد می‌شود. دم گل در رأس متورّم شده و به نهنج تبدیل می‌شود. بخشهای دیگر گل که بعضی به صورت *فراهم* هستند به نهنج متّصل می‌شوند (وضعیت فراهم در صورتی است که ۳ یا بیشتر جزء نظیر برگ در یک نقطه دور محور قرار گیرند).

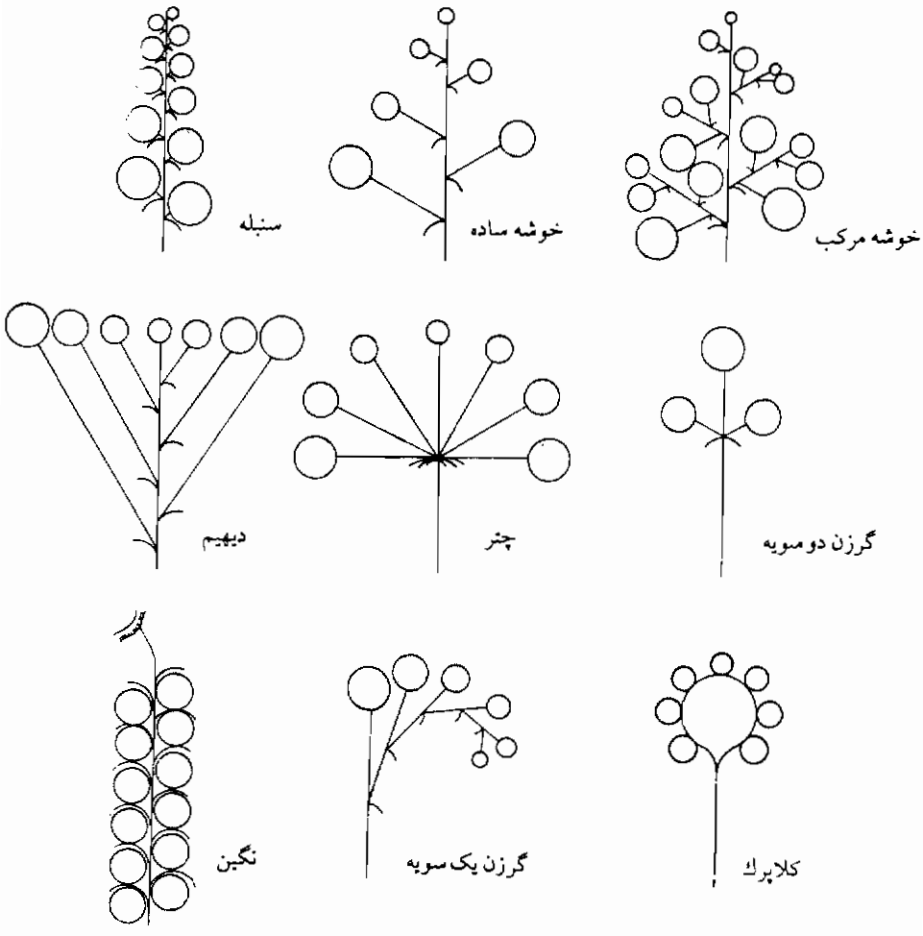


شکل ۵-۸ بخشهای یك گل معمولی، ساختمان درونی تخمك و پدیده‌های تولید مثل جنسی در فصل ۲۲ توضیح داده شده است.

۳ تا ۵ عضو کوچک سبز رنگ شبیه برگ بنام کاسه برگ خارجیترین بخش گل را تشکیل می دهند. به مجموع کاسه برگهای یک گل ***کاسه گل*** گویند. در بسیاری از گلها کاسه برگها به عنوان محافظ عمل می کنند بخصوص هنگامی که گل هنوز در غنچه باشد. عضو فراهم دیگر گل گلبرگها هستند که مجموعاً آنها را ***جام گل*** گویند. هنگامی که جام گل نمایشی باشد گرده افشانان مانند زنبورها، پروانه ها و پرندگان را به سَمت خود جلب می نماید. بعضی از این گلها علائم خاصّی دارند که به وسیلهٔ انسان قابل دیدن نیست، لیکن توسّط نیروی بینایی زنبورها که در طیف نوری فرابنفش کار می کند قابل تشخیص می باشد (به شکل ۱۱-۲۲ رجوع شود). در گیاهانی که به وسیلهٔ باد گرده افشانی می کنند جام گل غالباً حضور ندارد. (به شکلهای ۳-۸ و ۲۴-۲۳ رجوع شود). در گلهای هلو گلبرگها به صورت واحدهای مجزّایی هستند ولی در گیاهان دیگر نظیر اطلسی، تاتوره به هم پیوسته و لذا جام نمایی شبیه شیپور ایجاد می کند (شکل ۶-۸). کاسه برگها نیز ممکن است به هم متّصل باشند.

شکل ۶-۸ یك گل تاتوره

گلهای هلو هرکدام روی دم گل خود قرار می گیرند در حالی که گلهای دیگر نظیر انگور، یاس، گل عروس به صورت مجموعه ای بنام گل آذین ظاهر می شوند (شکل ۷-۸). در گل آذین دم گل به پایه های کوچکی تقسیم می شود که هرکدام به گلهایی کوچک ختم می شوند. این پایه ها را دم گل فرعی (پدیسل) نامند.



شکل ۷-۸ نمونه‌های گل آذین. هر کره نمایانگر یك گل می‌باشد.

مادگی که غالباً به شکل یک اندام گلدانی شکل سبز رنگ در وسط گل قرار دارد دارای ۳ ناحیه است که روی هم قرار می گیرند. در بالا بخشی است کمی متورّم بنام کلاله که ازطریق پایهٔ نازکی بنام خامه به تخمدان بخش متورّم متّصل می گردد. تخمدان بعداً به میوه تبدیل می شود. در گلهایی که کاسه گل و جام گل در پایین تخمدان به نهنج متّصل شوند به آن تخمدان فوقانی گفته می شود ولی در دیگر گلها کاسه گل و جام گل در بالای تخمدان به نهنج متّصل

می شوند، لذا تخمدان تحتانی می شود (به شکل ۹-۲۲ برای موقعیّت گوناگون تخمدان رجوع شود). درون تخمدان حفره ای که در آن جسم تخم مرغی شکلی بنام تخمک قرار دارد که به وسیلهٔ یک پایهٔ کوتاه به دیوارهٔ محوّطهٔ تخمدان اتّصال دارد. تخمک (که مراحل رشد آن در فصل ۲۲ توضیح داده شده است) سرانجام به دانه تبدیل می شود.

در اطراف مادگی تعدادی پرچم به نهنج متّصل می شوند. هر پرچم دارای یک میله نسبةً سخت ولی ظریف و نازك می باشد که در بالای آن، عضو کیسه مانندی بنام بساك قرار می گیرد. رشد دانه گرده درون بساك در فصل ۲۲ توضیح داده شده است (به شکلهای ۳-۲۲، ۴-۲۲، ۵-۲۲ رجوع شود). در بیشتر گلها دانه های گرده ازطریق شکافهای طولی که در بساك ایجاد می شوند بیرون می ریزند. ولی در بساك تعدادی از گیاهان خانوادهٔ ورسک و گیاهان دیگر در بساك منافذی ایجاد شده که ازطریق آنها دانه های گرده آزاد می شوند.

میوه ها

مقدّمه

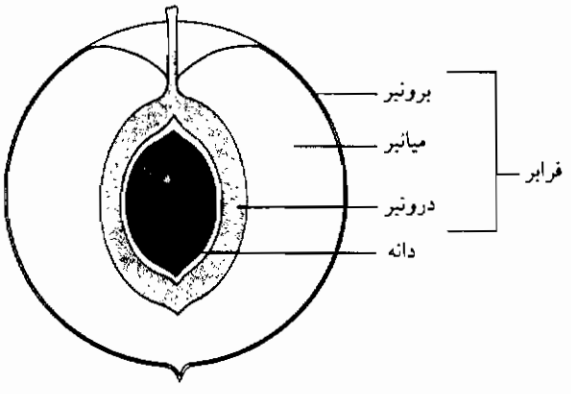
در سال ۱۸۹۳ میلادی دادگاه قضایی آمریکا رأی خود را در مورد Nix vs Hedden چنین صادر نمود که گوجه فرنگی قانوناً از سبزیجات محسوب می شود، تا میوه. چنین تصمیمی در راستای افکار عمومی قرار داشت چه عموماً فکر می شد میوه نسبةً شیرین است و طبیعةً برای دسر ساخته شده، در حالی که سبزیجات کم و بیش ترش مزه می باشد و برای سالاد یا غذای اصلی مناسبند. با وجود چنین قضاوتی از دیدگاه گیاه شناسان، میوه تخمدانی می باشد که بالغ شده است. میوه همچنین معمولاً محتوی دانه می باشد. لذا با چنین معانی، تعداد فراوانی از سبزیجات مثل گوجه فرنگی، لوبیا سبز، خیار و کدو، در حقیقت میوه هستند. به عبارت دیگر، سبزیجات می توانند از برگ (مانند کاهو و کلم)، یا از ساقه (مانند سیب زمینی)، یا از ریشه (مانند سیب زمینی شیرین)، یا از ساقهٔ همراه با ریشه (مانند چغندر)، یا از جوانه های گل (مانند آرتیشو) و یا از بخشهای دیگر گیاه ایجاد شوند.

تمام میوه ها از گل ایجاد می شوند؛ بنابراین تنها در گیاهان گلدار (آنژیوسپرمها) مشاهده می شوند. لقاح (به فصل ۲۲ رجوع شود) معمولاً بطور غیرمستقیم مشخّص می نماید که آیا تخمدان یا تخمدانهای (بعضی اوقات بافتهای اضافی مانند نهنج) یک گل به میوه تبدیل می شود؟ اگر حدّاقل تعدادی از تخمکها تلقیح نشوند گل بدون رشد بعدی پژمرده شده و می افتد.

دانه های گرده محتوی موادّ محرّك خاصّی بنام هورمون هستند (جزئیات بیشتر در فصل ۱۱ توضیح داده شده است) که ممکن است باعث شروع تشکیل میوه شوند؛ و گاهی تنها یک مقدار از دانه های گردهٔ مرده کافی است که این تحریک را باعث شود و تخمدان را به میوه تبدیل نماید. البتّه هورمونهای تولید شده در دانه های در حال رشد باعث تحریک بیشتر در رشد میوه می شوند. این هورمونها به نوبت خود هورمونهای بیشتری را از دیوارهٔ تخمدان برای رشد میوه ایجاد می نمایند.

بخشهای یك میوه

بعد از آن که یک تخمدان به میوه تبدیل شود تمام آن به سه بخش قابل تقسیم است؛ ولی بعضی اوقات این نواحی از همدیگر کاملاً قابل تشخیص نمی باشند (شکل ۸-۸). پوست میوه، برون بر آن را تشکیل می دهد؛ در حالی که محدودهٔ درونی نزدیک به دانه، درون بر را می سازد. درون بر ممکن است سخت و سنگین شود (مانند قشر سخت اطراف دانهٔ هلو)، یا ممکن است کاغذی شود (مانند سیب درختی)، و یا ممکن است از بخش میان بر مشخّص نباشد. منطقهٔ میان بر به قسمتهایی از میوه گفته می شود که بین دو بخش درون بر و برون بر قرار گرفته است. به مجموعهٔ این سه بخش با هم *فرابر* گفته می شود. در میوه های خشک فرابر غالباً نازك است.



شکل ۸-۸ بخشهای یك میوهٔ رسیده.

بعضی میوه ها شامل تنها تخمدان و دانه های درون آن می شوند؛ ولی میوه هایی نیز

وجود دارند که بخشهای مجاور گل مثل نهنج یا کاسه برگها، با تخمدان ادغام می شوند، و یا به صورتهای مختلفی تغییر می یابند. میوه ها هنگام بلوغ ممکن است آبدار یا خشک و همچنین شکوفا یا ناشکوفا بشوند. میوه ها ممکن است از یک تخمدان یا بیشتر تشکیل شده باشند. تمام این خصوصیات برحسب سنّت برای طبقه بندی میوه ها مورد استفادهٔ قرار گرفته اند؛ ولی متأسّفانه این صفات برای بعضی از میوه ها مناسب نیست. این مشکلات در طبقه بندی که به دنبال می آید تذکّر داده خواهند شد.

انواع میوه ها

میوه های آبدار

میوه هایی که حدّاقل قسمتی از میان بر آنها گوشتی می شود میوه های آبدار را تشکیل می دهند.

میوه های آبدار ساده

میوه های آبدار ساده، میوه هایی هستند که از گلهایی با یک مادگی به وجود می آیند. تخمدان ممکن است تحتانی یا فوقانی و یا ساده (دارای یک برگ تغییر یافته بنام برچه) و یا مرکّب (چند برچه ای) باشد (برای توضیحات بیشتر در مورد تغییرات برچه ها و مادگیهای مرکّب به فصل ۲۲ رجوع شود). تخمدان ممکن است بتنهایی به میوه تبدیل شود و یا بخشهایی دیگر از گل همزمان با آن رشد کند.

شفت: میوهٔ شفت، میوهٔ آبدار ساده ای است با یک دانه که به وسیلهٔ درون بر سخت و سنگی احاطه شده است (شکل ۹-۸). این نوع میوه ها معمولاً از تخمدان فوقانی حاوی یک تخمک به وجود می آیند، ولی میان بر همیشه آبدار نیست. به عنوان مثال در نارگیل پوست چوبی و ضخیم میوه (شامل میان بر و برون بر) که از میوه به دور انداخته می شود دارای الیاف فراوانی می باشد (الیاف در ساخت برس و چیزهای دیگر مورد استفاده قرار می گیرد). دانهٔ نارگیل توخالی است و دارای آندوسپرم آبکی (به فصل ۲۲ رجوع شود) که به اشتباه «شیر» گفته می شود می باشد. دانه به وسیلهٔ

درون بر سخت احاطه شده است. بنابراین، از نوع شفت می باشد. مثالهای دیگری از میوهٔ شفت، عبارت است از: زردآلو، گیلاس، هلو، آلو، زیتون و بادام. در بادام پوست چرمی و سخت آن در بلوغ شکوفا شده (برون بر و میان بر) و قبل از فروش در سوپرمارکتها دور انداخته می شود. درون بر قشر سخت و چوبی است که برای رسیدن به دانه آن را می شکنیم.

(الف)

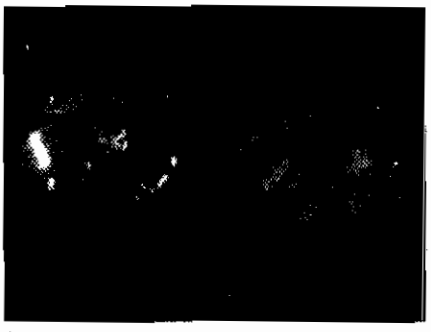
(پ)

(ب)

شکل ۹-۸ نمونه‌های برگزیده‌ای از میوهٔ شفت. الف ـ هلو. ب ـ بادام. پ ـ زیتون.

سته : میوه‌های سته، معمولاً از تخمدانهای مرکّب به وجود می آیند و دارای بیش از یک دانه می باشند. تمام فرابر آبدار بوده و تشخیص بین درون بر و میان بر مشکل است (شکل ۱۰-۸). سه نوع سته شاخته شده است.

(الف)



(ب)

شکل ۱۰-۸ نمونه‌های برگزیده‌ای از میوهٔ سته. الف ـ انگور. ب ـ گوجه فرنگی.

ستهٔ حقیقی، میوه‌ای است با پوست نازك و تمام فرابر هنگام بلوغ نسبةً نرم می باشد. گرچه بیشتر آنها محتوی بیش از یک دانه هستند ولی بعضی مانند خرما و آواکادو تنها دارای یک دانه هستند. نمونه های معمول ستهٔ حقیقی گوجه فرنگی، انگور، خرمالو، فلفل و

بادمجان، می باشند.

بعضی از سته ها از گلهایی با تخمدان تحتانی به وجود می آیند و در این صورت بخشهای دیگر گل نیز در گوشت میوه شرکت می نمایند. معمولاً چنین میوه هایی از روی آثار گل در نوك میوه و یا باقی ماندهٔ بخشهای گل قابل تشخیص هستند مانند ذغال اخته، موز، انار، انگورفرنگی. در موزهای خوراکی میوه به صورت بکرزایی ایجاد می شود (میوه بدون لقاح ایجاد می شود، به فصل ۲۲ رجوع شود). بنابراین، این نوع میوه ها بدون دانه هستند ولی چندین گونهٔ دیگر موز هستند که دانه های فراوانی را ایجاد می کنند.

میوهٔ پپو (کدویی): میوهٔ پپو دارای پوست (برون بر) نسبةً سختی است. میوه های خانوادهٔ کدوییان مانند کدو، خیار، خربزه و طالبی، از این نوع می باشند.

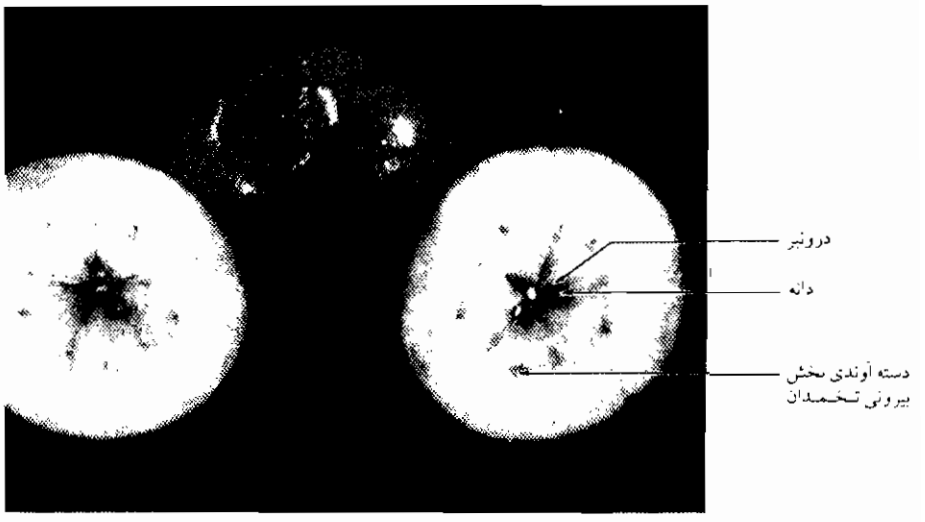
میوهٔ هسپریدیوم (پرتقالی): میوهٔ هسپریدیوم، سته ای است با پوست چرمی و روغنی که روی پوست نقاط برجسته و متورّمی است که از دیوارهٔ درونی تخمدان تشکیل شده و به موازات رشد میوه ایجاد می شوند و مملو از مایع می باشند. انواع این میوه ها عبارتند از پرتقال، لیمو، گریپ فروت و نارنگی.

پوم (سیب): میوهٔ پوم، میوهٔ گوشتی ساده ای است که بخش اصلی گوشت آن، از رشد نهنج حاصل می شود که تخمدان را دربر می گیرد. درون بر اطراف دانه ها، کاغذی یا چرمی است. مثالهای این نوع میوه، عبارتند از سیب، گلابی و به. در سیب، تخمدان تنها شامل مغز و اندك بافت مجاور آن می شود، ولی بقیّهٔ میوه از نهنج به وجود می آید (شکل ۱۱-۸). در کتابهای درسی گیاه شناسی معمولاً به میوه های سیب (پوم)، و کدو (پپو) و بعضی از سته ها و میوه های دیگر که از تخمدان و اجزای دیگر تشکیل شده اند میوه های کاذب گفته می شود چون بافتهای زاید دارند.

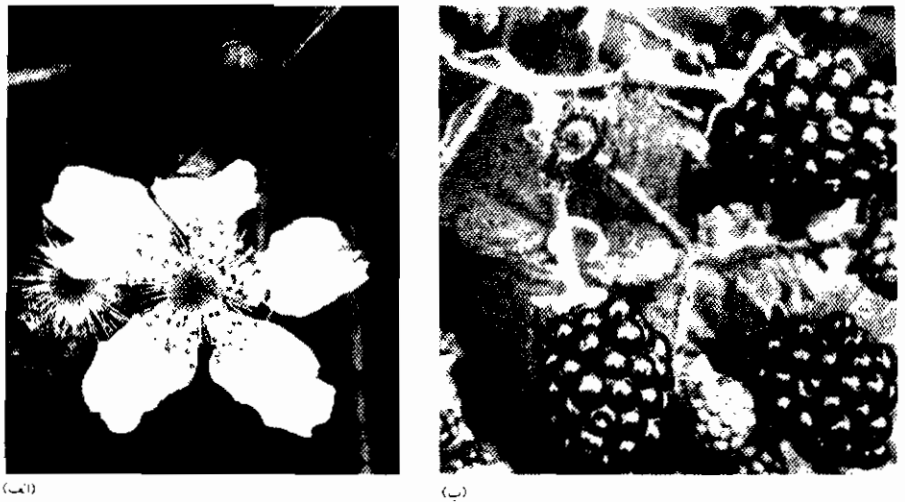
میوه های مجتمع (پیوسته)

میوهٔ پیوسته، میوه ای است که از یک گل ساده با چندین مادگی به وجود می آید. مادگیهای انفرادی به صورت شفتها یا میوه های کوچکی هستند که به صورت مجموعه ای روی یک نهنج قرار می گیرند (شکل ۱۲-۸). مثالهای این نوع میوه، عبارت است از تمشک،

انگورفرنگی و توت‌فرنگی. در توت‌فرنگی نهنج مخروطی شکل، گوشتی و قرمز می شود، در حالی که هر مادگی یک فندقهٔ کوچک (در بخشهای بعد و در بخش میوه‌های خشک بررسی می شود) را در سطح آن ایجاد می کند. به عبارت دیگر، توت فرنگی در حالی که یک میوهٔ پیوسته محسوب می شود، همچنین دارای بافت کاذب نیز هست.



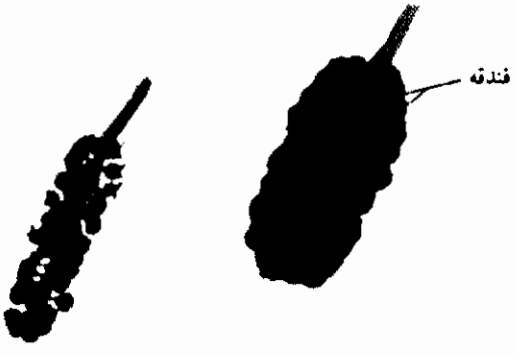
شکل ۱۱-۸سیب (برگزیدهٔ میوهٔ پوم). بخش بزرگ گوشت آن متعلق به‌نهنج و بخش پایینی، کاسه‌گل، جام‌گل و پرچمها می‌باشد.



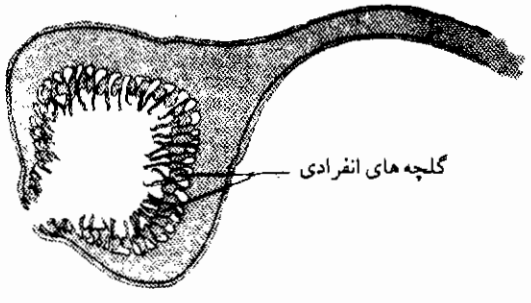
شکل ۱۲-۸ انگورفرنگی. الف ـ یك گل (به‌تعداد فراوان مادگیهای سبز توجّه نمایید). ب ـ میوهٔ پیوسته

میوه‌های مرکّب

میوه‌های مرکّب، از تعداد زیادی گل در یک گل آذین تشکیل می‌شوند. هر گل (گلچه) دارای نهنج جداگانهٔ خود است، ولی همانند میوهٔ پیوسته، کلچه‌ها به میوهٔ کوچک تبدیل شده و به‌هم پیوسته میوهٔ مرکّب را تشکیل می‌دهند. نمونه‌های میوه‌های مرکّب، عبارت است از توت معمولی (شکل ۱۳-۸)، آناناس، و انجیر؛ که آناناس شبیه موز معمولاً به صورت بکرزایی ایجاد شده و بدون دانه است (به فصل ۲۲ رجوع شود). گلهای مجزّا در کنار هم بر روی یک محور گوشتی قرار گرفته و میوه‌های کوچک مجموعاً میوه را ایجاد می‌نمایند. در انجیر گل آذین به صورت خاصّی واژگون می‌باشد. گلچه‌های گل آذین به وسیلهٔ یک نهنج عمومی محصور می‌باشند که در نوك به بیرون باز است (شکل ۱۴-۸). در بعضی از واریته‌های انجیر میوه در نتیجهٔ بکرزایی به ثمر رسیده، ولی در بقیّه گرده‌افشانی به وسیلهٔ زنبورهایی که از منفذ آن به درون می‌خزند انجام می‌شود. بعضی از میوه‌های مرکّب نیز در حالت رسیده، خشک هستند.



شکل ۱۳-۸ گل آذین و میوهٔ توت



شکل ۱۴-۸ مقطعی از انجیر در حال رشد

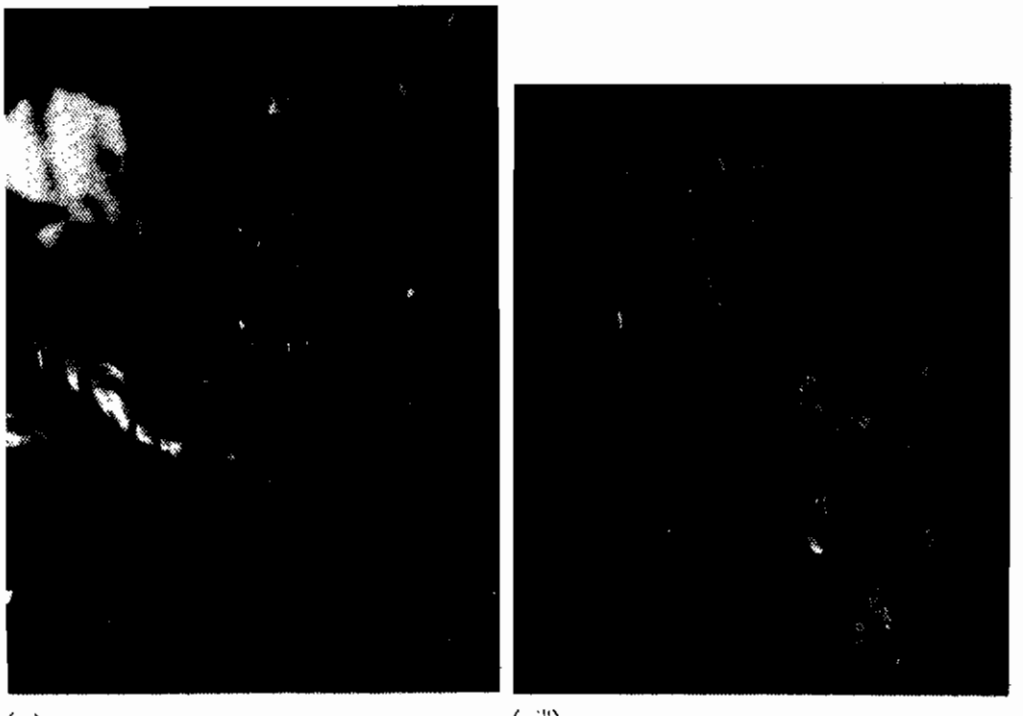
میوه های خشك

میوه هایی که فرابر آنها هنگام بلوغ بطور مشخّص خشک می شود در گروه میوه های خشک طبقه بندی می شوند.

میوه های خشکی که هنگام بلوغ شکوفا می شوند

این میوه ها برحسب نحوهٔ شکوفایی، طبقه‌بندی می شوند.

برگه *(گرز)* : برگه یا گرز*، تنها از یک شکاف طولی باز شده و دانه ها را رها می کند (شکل ۱۵-۸). مانند زبان درقفا، تاج‌الملوك و گل صدتومانی.



(ب) (الف)

شکل ۱۵-۸ برگه. الف. (گرز) (Asclepias sp.). ب. ماگنولیا. میوهٔ ماگنولیا درحقیقت یك میوهٔ پیوسته می‌باشد که از ۴۰ تا ۸۰ برگه مجزّا یك‌دانه‌ای تشکیل شده و حول یك‌محور قرار گرفته‌اند. برگه‌ها و محور، یك‌جا از درخت می‌افتند.

* گاه به کپسول خشخاش نیز گفته می شود (مترجم)

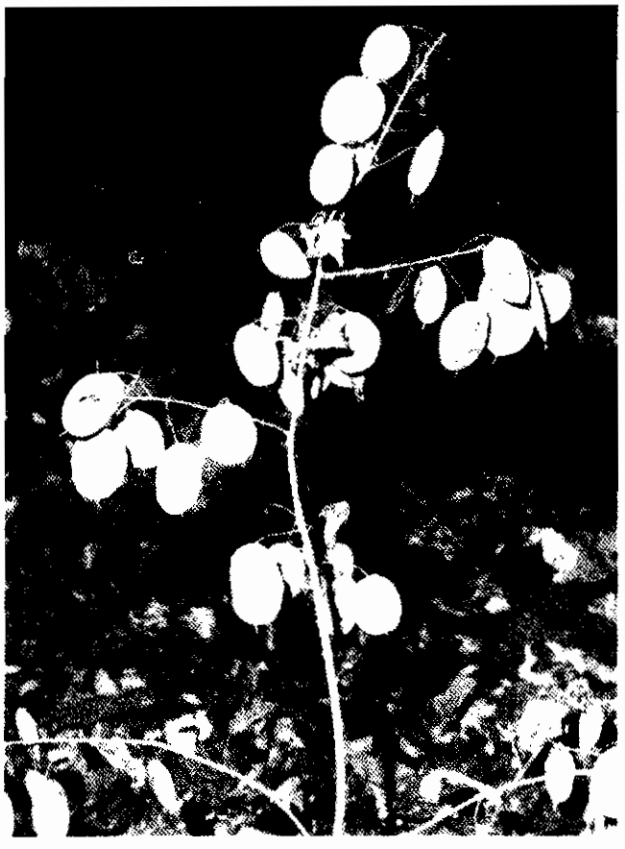
نیام: نیام به وسیلهٔ دو شکاف یا درز باز می شود (شکل ۱۶-۸). هزاران عضو خانوادهٔ نخود، چنین میوه هایی را تولید می کنند مانند نخود، لوبیا، عدس، باقلا، کهورك و غیره. بادام زمینی همچنین نیام است ولی از این جهت که میوه در زیر زمین می رسد غیرمعمول است. دانه ها معمولاً بجای شکفتن در اثر تجزیه فرابر به وسیلهٔ باکتریها در طبیعت آزاد می شوند.

شکل ۱۶-۸ نیامهای درخت ارغوان

خورجین: خورجین همچنین به دو طرف باز می شود ولی دانه ها روی تیغهٔ مرکزی قرار گرفته اند که هنگام شکوفایی نمایان می شوند (شکل الف ۱۷-۸). میوه هایی که طول آنها کمتر از ۳ برابر عرض آنهاست خورجینک نام دارند (شکل ب ۱۷-۸). خورجین و خورجینک بطور معمول به وسیلهٔ اعضای خانوادهٔ خردل ایجاد می شوند. این گیاهان شامل کلم، کلم پیچ، ترب و تربچه، کیسه کشیش[1] و شاهی می شوند.

1- SHEPHERD'S PURSE

(الف)

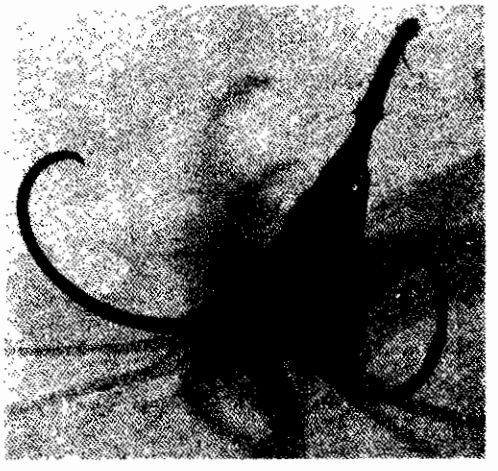


(ب)

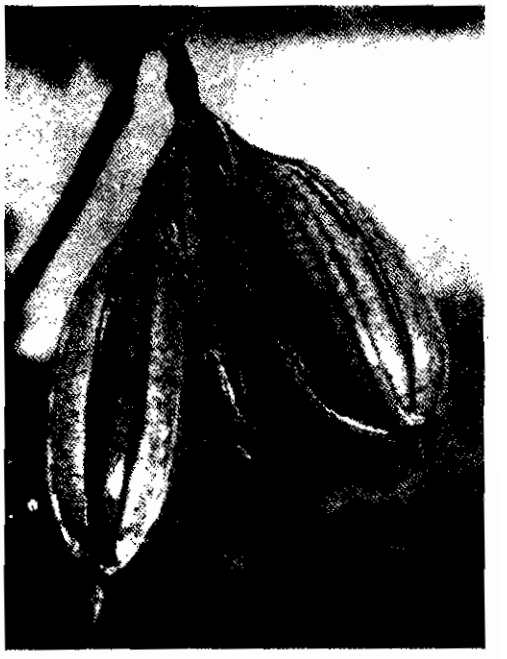
شکل ۱۷-۸ الف ـ یك خورجین پس از شکوفا شدن، دانه‌ها در محوطهٔ پرده‌ای وسط قرار گرفته‌اند. ب ـ خورجینکها در (Lunaria)

پوشینه : پوشینه یا کپسول، معمولترین میوهٔ شکوفای خشک می باشد (شکل ۱۸-۸). این نوع میوه دارای حدّاقل ۲ برچه است که به طرق مختلف شکوفا می شوند. بعضی، از محل پرده های بین برچه ها شکوفا می شوند، در حالی که بعضی دیگر از محلّ حفره های (خانه ها) برچه ها باز می شوند. برخی دیگر کلاهکی را در یک انتها تشکیل می دهند که پرتاب شده و دانه ها خارج می شوند. در انواعی دیگر منافذی ایجاد شده که در اثر تکان خوردن توسّط باد دانه ها بیرون می ریزند. نمونه هایی از این میوه ها عبارتند از: زنبق، ثعلب، لاله، شقایق، بنفشه، و گل میمون.

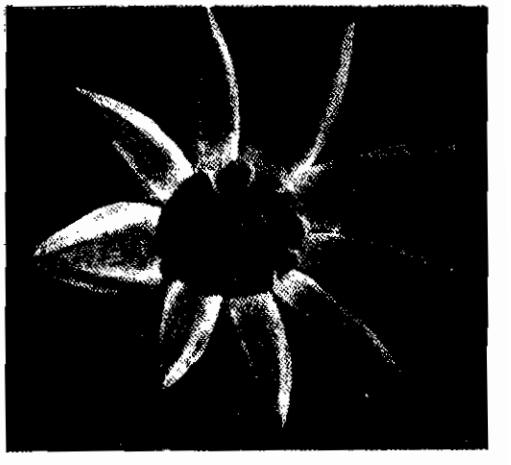
(الف)



(ب)



(ب)



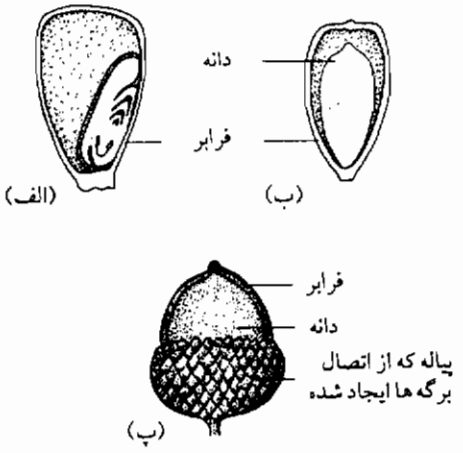
(ت)

شکل ۱۸-۸ پوشینه‌ها. الف - یك نوع زنبق. ب - یك نوع ارکیده. پ - Proboscoidea . ت - Clusia sp.

میوه های خشک و ناشکوفا

در این نوع میوه های خشک، تنها دانه یا کاملاً به فرابر چسبیده و یا در نقاطی به آن متّصل می باشد.

فندقه یا (آکین) : تنها دانهٔ فندقه ازطریق پایه به فرابر متّصل است. بنابراین، فرابر نسبةً بسادگی از دانه جدا می شود. مثالهایی از این نوع دانه شامل دانهٔ آفتاب گردان (مغز خوراکی و پوست فندقه را تشکیل می دهند) (شکل ۱۹-۸) و همچنین شامل آلاله می شود.



شکل ۱۹-۸ میوه‌های خشکی که شکوفا نمی‌شوند. الف ـ گندمه (کاریوپسز) در ذرّت.
ب ـ فندقه گل آفتاب‌گردان. پ ـ فندق بلوط.

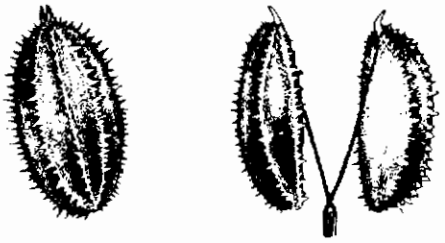
فندق : میوه های فندق شبیه فندقه، تک دانه ای هستند ولی معمولاً بزرگتر بوده و فرابر میوه سخت تر و ضخیمتر می باشد. در پایه میوه های فندق بخشی پیاله مانند مرکّب از مجموعهٔ براکته ها ایجاد می شود. برای مثال می توان از میوه های فندق، شاه بلوط و بلوط (شکل ۱۹-۸) نام برد. بسیاری از آجیلها از دیدگاه گیاه شناسی ***میوهٔ فندق*** محسوب نمی شوند. قبلاً اشاره شد که بادام زمینی، نوعی نیام است؛ و نارگیل و بادام، میوهٔ شفت هستند. گردو نیز میوهٔ شفتی است که گوشت آن بعد از رسیدن دانه، چروکیده و خشک می شود. درخت بادام هندی ایجاد میوهٔ شفت تک دانهٔ خاصی را می کند. بادام هندی به صورت استطاله های خمیده ای در انتهای دم گل متورّم به وجود می آید که در مناطق گرمسیری به شکل نارس به عنوان غذا، و یا رسیدهٔ آن برای تهیّهٔ مشروبات الکلی مورد استفاده قرار می گیرد. پسته نیز نوعی میوهٔ شفت است.

گندمه: فرابر گندمه کاملاً به دانه متّصل است ، و نمی تواند از آن جدا شود (شکل ۱۹-۸). تمام اعضای خانوادهٔ گندمیان مانند گندم، ذرّت، برنج و جو، تولید میوهٔ گندمه می کنند.

سامارا: در سامارا، فرابر اطراف دانه قرار گرفته و به صورت بال یا غشا توسعه پیدا می کند که باعث پراکندگی میوه می شود (شکل ۲۰-۸). سامارا در افرا دارای دو بال است، در زبان گنجشک، نارون، و درخت عرعر تنها یک بال تولید می کند.

شکل ۲۰-۸ سامارا در افرای برگ بزرگ

شیزوکارپ: میوهٔ دوقلو بنام شیزوکارپ (شکل ۲۱-۸) خاص خانوادهٔ جعفری است. اعضای این خانواده شامل جعفری، هویج، بادیان و غیره می شود. میوهٔ دوقلو به صورت دو بخش تک دانه ای هنگام خشک شدن، از هم باز می شوند.



شکل ۲۱-۸ شیزوکارپ در هویج. شیزوکارپ هنگام بلوغ به‌دو میوهٔ کوچك تك‌دانه‌ای تقسیم می‌شود.

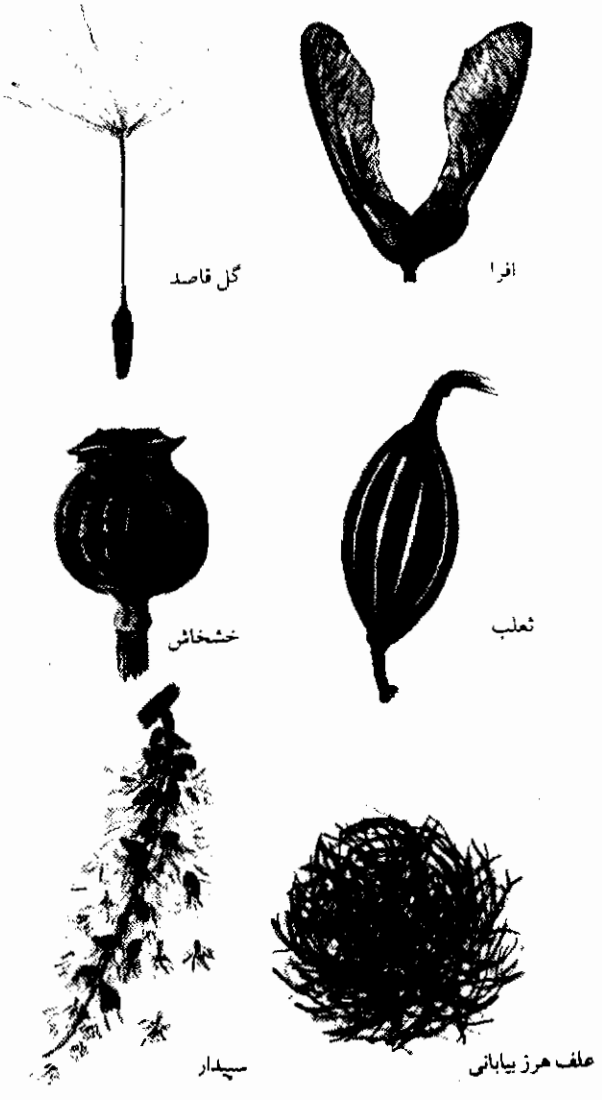
پراکنش دانه و میوه

به چه علّت، گونه های بسیاری از ارکیده ها نادرند؛ در حالی که گل قاصد و کیسه کشیش در سراسر دنیا گسترش دارند؟ چرا بعضی از گیاهان، به یک قارّه، منطقهٔ کوهستانی، و یا حتّی گاهی به محدوده‌ای کمتر از یک هکتار محدود می شوند؟ جواب این پرسش در این است که عوامل گوناگون شامل آب و هوا، خاك، سازش پذیری گیاه و چگونگی پراکنش دانه در این امر مؤثر است. طریقهٔ انتقال دانه و میوه از یک مکان به مکان دیگر، موضوع این بحث است. عوامل دیگر در فصول ۱۳ و ۲۴ توضیح داده شده است.

پراکنش به وسیلهٔ باد

میوه ها و دانه ها برای این که به وسیلهٔ باد پراکنده شوند حالات و سازشهای مختلفی را پیدا می کنند (شکل ۲۲-۸). سامارا در افرا دارای بالهای خمیده‌ای است و باعث می شود میوه هنگام آزاد شدن از درخت به دور خود بچرخد. در باد شدید، سامارا ممکن است تا ۱۰ کیلومتر از گیاه اصلی فاصله گیرد. در رازك دانه به وسیلهٔ یک کیسهٔ هوایی محصور شده است که باعث سبکی آن در باد می شود. در بعضی از گیاهان خانواده های آلاله و مینا، میوه ها دارای پر هستند؛ و در خانوادهٔ بید، میوه ها به وسیلهٔ کرکهای مویی که به توزیع میوه کمک می کنند احاطه شده اند. در بعضی از گیاهان مانند جگنها میوه برای انتقال ازطریق هوا سنگین می باشد ولی کروی است و به کمک باد روی زمین غلت می خورد و جابه جا می شود. دانه ها ممکن است به قدری کوچک باشند که تا مسافتهای زیاد توسّط باد منتقل شوند. به عنوان مثال ارکیده ها دانه هایی را تولید می کنند که هم وزن گرد و غبار می باشند. در درختانی نظیر درخت جوالدوز میوه ها

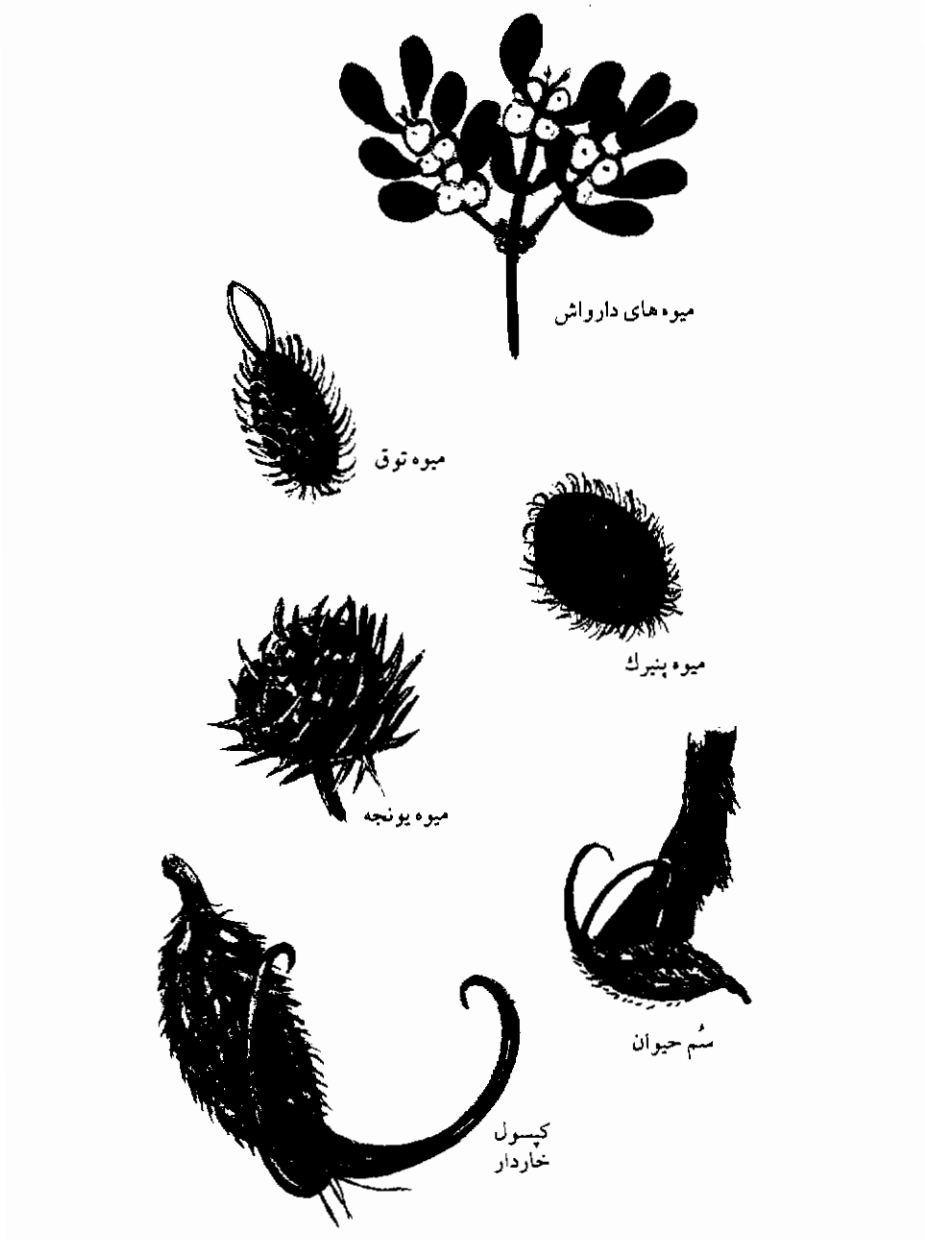
بر روی شاخه مانده و شکوفا شده و دانه‌ها خود دارای بال بوده و پراکنده می شوند. در گل قاصد میوه‌ها دارای کرکهایی هستند که در برابر نسیم ملایمی واکنش نشان می دهند و در یک انتها چتر کوچکی را تشکیل می دهند. در بعضی گیاهان، آن بخش از گیاه که بالای زمین قرار دارد در اثر وزش باد کنده شده و همچنان که غلت می خورد دانه های خود را رها می کند.



شکل ۲۲-۸ نمونه‌های دانه و میوه‌ای که توسّط باد پراکنده می‌شوند.

پراکنش به وسیلهٔ جانوران

سازش میوه ها و دانه ها برای توزیع به وسیلهٔ جانوران به طرق گوناگون صورت می گیرد. پرندگان، پستانداران و مورچه ها، همه به عنوان عوامل پراکنش عمل می کنند (شکل ۲۳-۸). پرندگان دریایی ممکن است دانه ها را به فواصل طولانی هنگامی که گل و لای به پاهایشان می چسبد منتقل کنند. دیگر پرندگان و پستانداران، میوه ها را خورده و بدون آن که زیانی ببینند دانه ها از سیستم گوارشی آنها عبور کرده و دفع می شوند. در بعضی پرندگان دانه ها ممکن است بیش از ۱۵ دقیقه در دستگاه گوارششان باقی نماند، ولی در پستانداران این دوره به بیش از ۲۴ ساعت افزایش می یابد. در لاك پشتهای غول پیکر جزایر گالاپاگوس دانه تا دو هفته نیز از دستگاه گوارش عبور نمی کند و این دانه ها تا در معرض آنزیمهای دستگاه گوارش قرار نگیرند تندش نمی کنند (به فصل ۱۱ رجوع شود). بعضی از دانه ها و میوه ها به وسیلهٔ جوندگان نظیر سنجاب و موش جمع آوری و ذخیره شده و سپس رها می شوند. زاغ، دارکوب و سایر پرندگان آجیل و میوه های دیگر را برداشته و هنگام پرواز ممکن است رها شوند. بعضی از میوه ها و دانه ها به پوست یا پر حیوانات و پرندگان می چسبند. برخی دانه ها مانند دانه های یونجه با خار پوشیده شده و دارای قلّابهایی هستند که به پوست جانوران متّصل می شوند. کپسولهای درشت گیاه یونیکورن دارای دو زایدهٔ منحنی شکلی به طول حدود ۱۵ سانتیمتر است که به وسیلهٔ پای آهو یا جانور دیگر که پا روی آن بگذارد گرفته شده و هنگام حرکت جانور پخش می شوند. بعضی گیاهان خانوادهٔ کتان دارای میوه هایی با زواید چسبناك هستند که در برخورد با بدن جانوران به آن می چسبند. میوه های خارخسک (Tribulus) دارای خارهای تیزی است که در پوست نفوذ کرده و به آن می چسبند (شکل ۲۴-۸). گیاه شاه تره و یک نوع لاله و چندین گیاه دیگر دانه هایشان دارای زوایدی محتوی چربی است که به وسیلهٔ مورچه ها جذب می شوند (شکل ۲۵-۸). سرناندر (Sernander) دانشمند اسکاندیناویایی تخمین زده است که بیش از ۳۶۰۰۰ دانه از این نوع به وسیلهٔ اعضای یک کلنی مورچه به لانه شان برده شده و در آن جا زواید آنها به منظور استفادهٔ غذایی جدا شد ولی به دانه آسیبی نرسید.



شکل ۲۳-۸ نمونه‌هایی از دانه‌ها و میوه‌هایی که ازطریق حیوانات و پرندگان پخش می‌شوند.

شکل ۲۴-۸ میوه‌های خارخسك که به‌پوتین صحرانوردان می‌چسبد.

شکل ۲۵-۸ دانه‌های شاه‌تره شرقی. زواید سفیدرنگ حامل دانه‌های روغنی است که به‌وسیلهٔ مورچه‌ها جدا شده و به‌عنوان غذا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پراکنش به وسیلهٔ آب

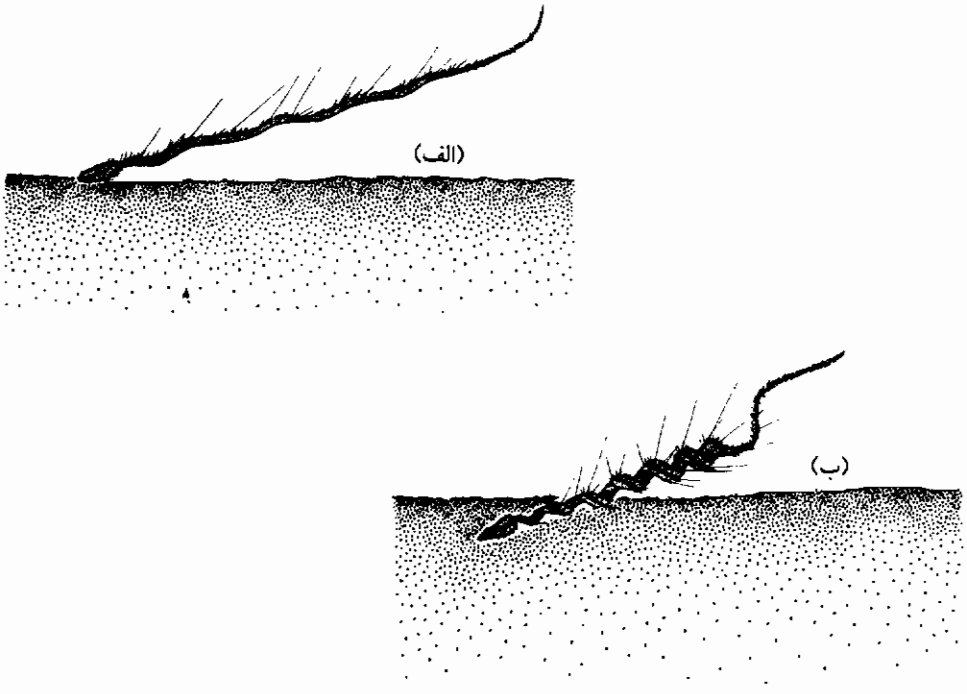
بعضی از میوه‌ها به واسطهٔ این که مقداری هوا در خود حفظ نموده‌اند برای توزیع به وسیلهٔ آب، سازش یافته‌اند. بسیاری از جگنها برای مثال دانه‌هایی دارند که محتوی کیسه‌های هواست و بدین صورت قادرند در سطح آب شناور شوند (شکل ۲۶-۸). سطح بعضی دیگر از دانه‌ها دارای موادّ مومی و چرب هستند که باعث شناور شدن آنها شده و در عین حال مانع از جذب آب می‌شود. بعضی اوقات بارانهای شدید سیلابی را ایجاد می‌کند که تمام گیاه و میوه‌هایش را به مکان جدید منتقل می‌کند. قطرات باران ممکن است باعث باز شدن کپسول شود و بدین صورت دانه‌ها بیرون بریزند. دانه‌ها و میوه‌های تعدادی گیاهان دارای فرابر اسفنجی هستند و بکندی آب را جذب می‌کنند. توزیع چنین دانه‌هایی ویژهٔ جریانات اقیانوسی است. گرچه آب شور احتمالاً ممکن است به اندازه‌ای درون دانه نفوذ کرده که جنین را از بین ببرد. ولی قبل از این که جنین بمیرد مقدار کافی از میوه‌ها به ساحل می‌رسند تا ادامهٔ حیات گونه تضمین شود. بهترین گیاهان شناخته شده‌ای که به وسیلهٔ اقیانوس پراکنده می‌شوند، نارگیل می‌باشد که میوه‌های درشت آن در دریاهای گرم دنیا قادر است تا چند صد کیلومتر جابه جا شود.

سایر مکانیسمهای پراکنش

میوه‌های گیاهان چندین خانواده دانه‌ها را گاهی با نیروی قابل ملاحظه‌ای به بیرون پرتاب می‌کنند. به عنوان مثال در کپسول گیاه هاملیس (Hamamelis) در نتیجهٔ این عمل دانه‌ها ممکن است تا فاصلهٔ ۱۲ متر پرتاب شود. دانه‌های بعضی از نخودیان و ترشک نیز همچنین بازو در مسافت زیادی پرتاب می‌شوند. در بعضی از نمونه‌های دارواش وقتی که جانور خون گرمی نزدیک گیاه می‌شود دانه‌ها تحریک شده رها می‌گردند بطوری که در اثر تماس با بدن جانور تاول ایجاد می‌کنند. در بعضی از اعضای خانوادهٔ کدو دانه‌ها از درون میوه‌ها مانند چشمه‌های آب گرم به بیرون فوران می‌کنند. در گونه‌های منقار لک لکی هر برچه در میوه پیچ خوردگی ایجاد نموده و باز می‌شود. هر میوهٔ مجزّا دارای یک دانه است که در انتهای آن قرار می‌گیرد. در انتهای دیگر دارای منقار مانند بلند و استوانه‌ای است که به رطوبت حساس می‌باشد (شکل ۲۷-۸). در شب هنگام رطوبت که افزایش می‌یابد منقار نسبةً صاف می‌شود، ولی در زمان تابش خورشید و روز پیچ خوردگی پیدا می‌کند تا بتواند چرخیده و درون خاك قرار گیرد. در مراحل بعدی، ایجاد گیاه جدیدی را می‌نماید.

شکل ۲۶-۸ سازش دانهٔ جگن به انتقال از راه آب. الف ـ میوهٔ جگن . دانه به وسیلهٔ یک کیسهٔ هوایی احاطه شده که کمک به شناور شدن آن در سطح آب می کند. ب ـ یک گیاه جگن

انسانها بزرگترین ناقل میوه ها و دانه ها هستند . بسیاری از علفهای هرز و همچنین بیماریهای گیاهی به وسیلهٔ سیّاحان و جهانگردان بخصوص در چند صد سال اخیر از یک قارّه به قارّهٔ دیگر منتقل شده اند . اکنون بیشتر کشورها قوانین مرزی سختی برای ورود گیاهان دارند و بدین وسیله از ورود گیاهان بیمار و مضرّ جلوگیری می شود . حتّی درون یک کشور میوه ها و دانه هایی که ممکن است برای کشاورزی منطقه زیان بخش باشند از ورودشان ممانعت می شود . به عنوان مثال در ایالات متّحده در اریزونا ، کالیفرنیا و هاوایی بازرسی مرزی و ایالتی را برای کنترل میوه هایی نظیر مرکّبات و ذرّت دارند که در گذشته آفات و بیماریهای فراوانی را وارد آن ایالات نموده است .

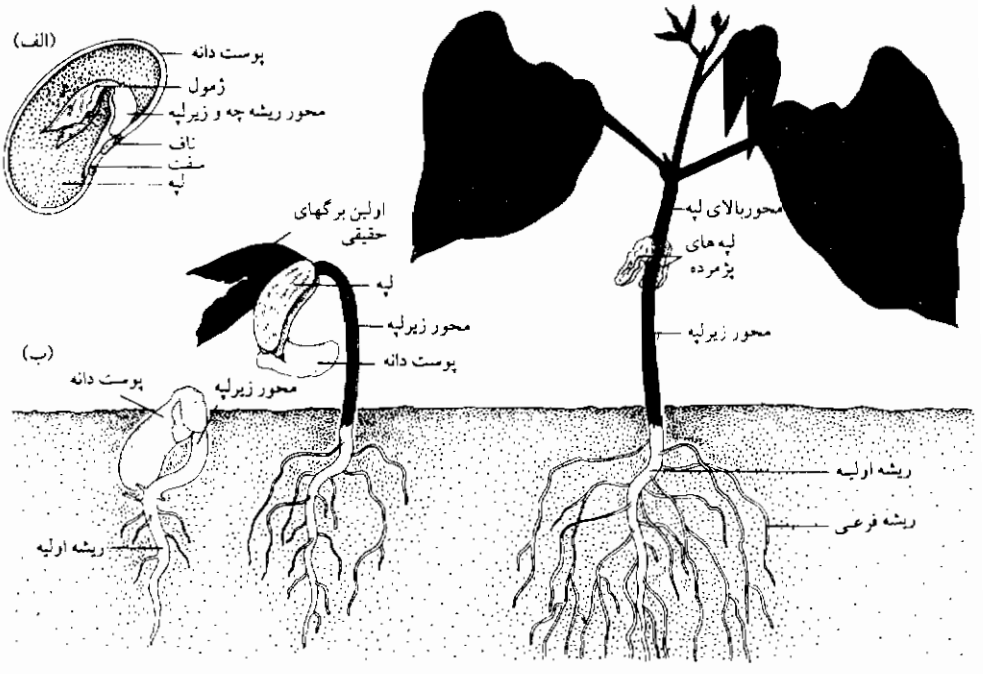


شکل ۲۷-۸ میوه های کوچك شمعدانی. الف ـ در شرایط مرطوب. ب ـ در شرایط خشك. پیچ خوردن و باز شدن متناوب آن باعث می شود که میوه به درون خاك برود.

دانه ها

ساختمان

اگر لوبیای معمولی (دولپّه ای) مورد بررسی قرار گیرد در بخش مقعّر آن یک اثر سفید رنگ بنام ناف مشاهده می شود. ناف نشان دهندهٔ نقطه ای است که تخمک به دیوارهٔ تخمدان متّصل می شود. سُفت به صورت منفذ کوچکی در مجاور ناف دیده می شود. اگر لوبیا در آب قرار گیرد بعد از یک یا دو ساعت متورّم شده پوست دانه آن جدا می شود. هنگام جدایی پوست از دانه لوبیا دو نیمه می شود که هر نیمه لپّه نام دارد و در بین دولپّه یک گیاهک ابتدایی قرار دارد (شکل ۲۸-۸). لپّه ها اندامهای ذخیره کنندهٔ موادّ غذایی هستند که علاوه بر این به عنوان اوّلین برگهای دانه نیز عمل می کنند. لپّه ها و گیاه اوّلیهٔ کوچک بین آنها تشکیل جنین را می دهند. بعضی از دانه ها مثل چمن و گیاهان تک لپّه دیگر، تنها دارای یک لپّه هستند.

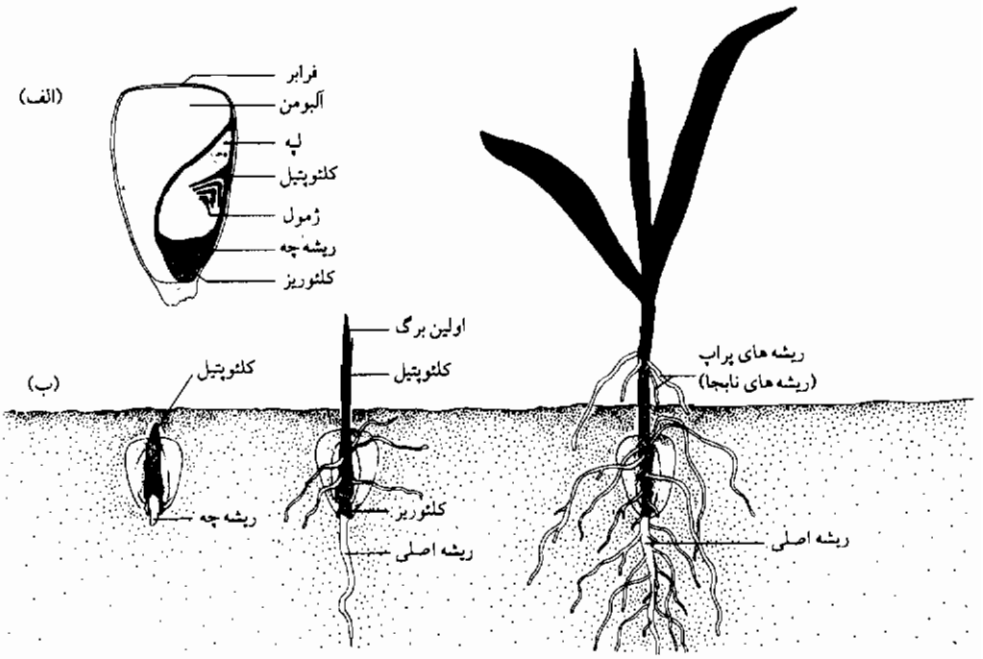


شکل ۲۸-۸ یك گیاه لوبیای باغچه. الف ـ ساختمان دانه. ب ـ تندش و رویش گیاهچه.

گیاهچه (گیاه کوچک بین لپّه ها) تولید برگهای تکامل نیافته و مریستم را در یک انتها می کند. این ساقه جنینی ژمول یا جوانه نامیده می شود. لپّه ها در زیر ژمول متّصل می شوند. بخش ساقه ای محور بالای لپّه ها که در این مرحله تقریباً وجود ندارد اپی کوتیل یا محور بالای لپّه نام دارد. بخش زیر نقطهٔ اتّصال لپّه ها هیپوکوتیل یا محور زیرلپّه نامیده می شود. غالباً مشکل است دربارهٔ یک جنین گفته شود که در چه محلّی ساقه پایان یافته و ریشه شروع می شود. ولی رأسی که در آینده ایجاد ریشه را می کند رادیکال یا ریشه چه گفته می شود. هنگامی که یک لوبیا تندش حاصل می کند، محور زیرلپّه طویل شده و باعث می شود که لپّه ها از خاك خارج شوند ولی در نخود این محور کوتاه باقی می ماند بطوری که لپّه ها خارج از خاك ظاهر نمی شوند (به فصل ۱۱ رجوع شود).

در دانه های دیگر محور ژمول ـ ریشه چه ممکن است به جای این که در یک سمت

قرار داشته باشد در وسط قرار می گیرد و لپّه ها ممکن است نقش بارزی در ذخیرهٔ مواد نداشته باشند. برای مثال در ذرّت بافت ذخیره کنندهٔ موادّ غذایی، اندوسپرم یا آلبومن است (به فصل ۲۲ رجوع شود). دانه های ذرت (شکل ۲۹-۸) همچنین از جنبه های دیگر با لوبیا تفاوت دارند. ژمول و ریشه چه به وسیلهٔ ساختمانهای لوله ای و غلاف مانندی بنام کلئوپتیل (غلاف ساقه چه) و کلئوریز (غلاف ریشه چه) احاطه شده که از بافتهای ظریف درون دانه محافظت می کنند. کلئوپتیل و کلئوریز بعد از این که به طول چند میلیمتر رسیدند از بین رفته و ژمول و ریشه چه، از رؤوس خارج می شوند.



شکل ۲۹-۸ ذرّت. الف ـ ساختمان دانه. ب ـ تندش و رویش گیاهچه.

تندش دانه

تندش دانه، به یک سری از عوامل بیرونی و درونی دانه بستگی دارد. تعدادی از دانه ها بایستی قبل از تندش دورهٔ خواب را بگذرانند. پدیدهٔ خواب در اثر شرایط فیزیولوژیکی یا

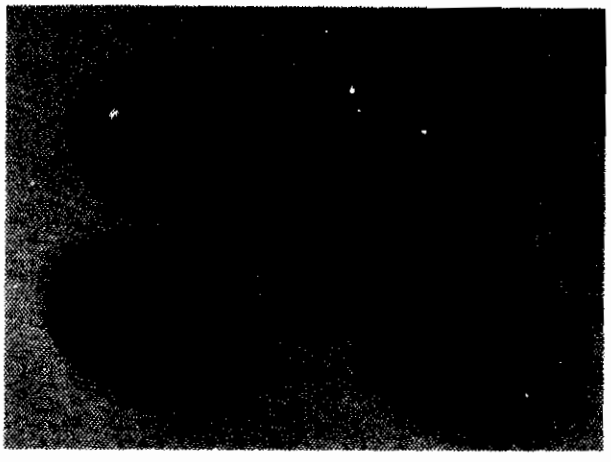
مکانیکی یا هر دو صورت می گیرد. در خانوادهٔ نخود، دانه ممکن است دارای پوششی نسبةً ضخیم باشد که از نفوذ آب و اکسیژن جلوگیری کند. بعضی دانه ها بطور یکطرفه عمل می کنند. بدین صورت که رطوبت را از دست می دهند ولی مانع جذب آن می شوند. (به شکل ۱۹-۱۱ رجوع شود). خواب در چنین دانه هایی گاهی ازطریق زخم کردن پوست دانه شکسته می شود. این عمل در اثر وارد کردن شکاف یا قرار دادن دانه برای چند ثانیه تا چند دقیقه در اسید غلیظ صورت می گیرد. در طبیعت چنین دانه هایی ممکن است توسّط برخورد ذرّات شن و خاك، گرم و سرد شدن متناوب هوا یا فعّالیت باکتریها پوست دانه شکسته و خواب از بین برود.

خواب همچنین می تواند در نتیجهٔ موادّ بازدارندهٔ موجود در پوشش دانه درون، درون دانه و یا بافتهای میوهٔ اطراف آن ایجاد گردد. بسیاری از گیاهان بیابانی در پوشش دانهٔ خود دارای ترکیبات بازدارنده هستند و این مواد بایستی قبل از تندش، به وسیلهٔ آب باران شسته شوند. بازدارنده ها تا هنگامی که باران کافی وجود نداشته باشد مانع تندش می شوند. در میوه هایی نظیر سیب، گلابی، گوجه فرنگی، مرکّبات و میوه های آبدار دیگر بازدارنده ها درون میوه قرار دارند هنگامی که دانه برداشته و شسته شود بسادگی تندش می کند. جنین بعضی دانه ها نظیر گیاه ایلکس آمریکایی (*Ilex*) در هنگامی که میوه می رسد تنها دارای چند سلّول غیرمتمایز است. پس از افتادن میوه، دانه تا زمانی که جنین به کمک موادّ ذخیره شده در آلبومن رشد کند تندش نمی کند. چنین مرحله ای را مرحلهٔ «پس از رسیدن» گویند.

در بسیاری از گیاهان چوبی مناطق معتدله موادّ محرّکهٔ تندش بایستی حضور داشته باشند تا دانه رویش کند. این مواد معمولاً در اثر یک دورهٔ رطوبت همراه سرما تولید می شوند. این دوره بطور معمول باید حدّاقل ۴ تا ۶ هفته باشد. خواب در چنین دانه هایی می تواند بطور مصنوعی با قرار دادن دانه به مدّت چند هفته در یخچال و ترجیحاً درون شن مرطوب، شکسته شود. این تکنیک *استراتیفیکه کردن* نام دارد.

حتّی اگر موانع فیزیولوژیکی و مکانیکی وجود نداشته باشند، دانه تا زمانی که شرایط محیطی مناسب نباشد تندش حاصل نمی کند. آب و اکسیژن برای تکمیل تندش ضروری هستند و بودن یا نبودن نور بر روی دانه تأثیراتی می گذارد. تعدادی از دانه ها قبل از رویش ریشه چه به اندازهٔ ده برابر وزن خود آب جذب می کنند. دانه هایی مانند کرچک (شکل ۳۰-۸) و فرفیون زایده هایی دارند که در جذب آب دخالت می کنند، بنابراین به مرحلهٔ تندش سرعت می بخشد. بعد از جذب آب آنزیمهای موجود در پروتوپلاسم فعّال می شوند. بعضی از آنزیمها باعث

می شوند که پروتئینهای ذخیره شده، به اسید آمینه تبدیل شوند؛ و بعضی دیگر، چربیها و موادّ روغنی را به صورت ترکیبات محلول در می آورند، و همچنین برخی از آنزیمها نشاسته را به قندهای ساده تبدیل می کنند. موادّ محلول، به جنین می رسند و تنفّس که در دانه در حال خواب نامحسوس است بطور خیلی زیاد سرعت می گیرد. تنفّس، انرژی مورد نیاز را برای رشد اوّلیه جنین آزاد می کند و گیاه جدید به وسیلهٔ تقسیم میتوز و طویل شدن سلّولها شروع به رشد می کند.



شکل ۳۰-۸ دانهٔ کرچك. به‌زواید جذب‌کنندهٔ آب که در نوك دانه قرار گرفته است توجّه نمایید.

در مراحل رشد اوّلیه انرژی جنین به وسیلهٔ تنفّس بی هوازی تأمین می شود ولی به محض شکافته شدن پوستهٔ دانه، تنفّس از نوع هوازی صورت می گیرد. اگر دانه ها پس از رویش در محیط اشباع شده از آب قرار گیرند اکسیژن به آنها نمی رسد و ممکن است تندش کامل نشود. بیشتر دانه ها به محدوده درجه دمای مشخّصی نیاز دارند. برای تندش، دما بایستی بالای انجماد و زیر ۴۵ درجهٔ سانتیگراد باشد. دمای نزدیک به دو انتهای طیف باعث کند شدن تندش می شود. بالاترین درجهٔ دما برای بیشتر گیاهان زراعی و تندش دانه آنها بین ۲۰ تا ۳۰ درجهٔ سانتیگراد است. نقش نور در تندش، بستگی به نوع گیاه دارد. دانه های بعضی از واریته های کاهو در تاریکی تندش نمی کنند (به توضیح فیتوکروم در فصل ۱۱ رجوع شود)، در حالی که دانه های

دیگری نظیر شقایق، تنها در تاریکی رشد می نمایند. در دانه های کاهو، نور بازدارنده های تندش را غیرفعّال می کند، ولی در شقایق باعث تشکیل بازدارنده ها می شود (به توضیحات بیشتر خواب در فصل ۱۱ رجوع شود).

طول عمر

بارها در مورد جوانه زدن (تندش) دانهٔ گندم یا گیاهان خوراکی دیگر، بعد از هزاران سال که در اهرام یا مقبره های مصریها و بومیهای آمریکایی و غارها قرار داشته اند، شنیده و یا خوانده ایم. امّا هیچ کدام از این گزارشها تأیید نشده است. شواهدی نیز موجود است مبنی بر این که موشها و سنجابها چنین دانه هایی را به آشیانهٔ خودشان حمل کرده اند. البتّه گزارشهای تندش دانه های شبدر آبی بعد از هزار سال و لوپن قطبی که حدود ده هزار سال در حال انجماد بوده، تأیید شده است.

قدرت تندش یا قوّهٔ نامیه (مدت زمانی که دانه قادر به رویش باشد) بسیار متفاوت است و بستگی به گونه و شرایط ذخیره سازی دانه دارد. بعضی دانه ها مانند بید، ارکیده و چای صرف نظر از نحوهٔ ذخیره شان تنها چند روز و تا چند هفته فعّال باقی می مانند و می توانند تندش کنند. ولی اکثر دانه ها وقتی که در دمای پایین و محیط خشک قرار گیرند چند ماه تا حتّی چند سال می توانند قوّهٔ نامیهٔ خود را حفظ نمایند. روی پاکتهای بذور گل و سبزیجات که در فروشگاهها فروخته می شود تاریخ می زنند تا برای خریدار مشخّص شود که تا چه زمانی دانه ها قادر به تندش می باشند. دانه های اعضای خانوادهٔ کدوییان (مانند کدو، خیار، طالبی) عموماً تا چندین سال می توانند کشت شوند، در حالی که دانه های اعضای خانوادهٔ لاله (مانند پیاز، تره فرنگی و پیازکوهی) فقط ۲ تا ۳ سال قدرت رویش خوبی خواهند داشت. گزارش شده است که دانه های انبار شدهٔ گندم بعد از ۳۰ سال حدود ۳۰ درصد قدرت تندش خود را حفظ می کنند و بعضی از دانه های علفهای هرز که در شرایط کمبود اکسیژن و رطوبت و دمای پایین نگاهداری می شوند برای مدّت طولانیتری می توانند قدرت نامیهٔ خود را حفظ کنند.

در سال ۱۸۷۹ میلادی ویلیام بیل (William J. Beal) یک گیاه شناس که در تولید ذرّت هیبرید پیش گام بود تعداد ۲۰ بطری از دانه های علفهای هرز را در محوّطه ای که هم اکنون جزو دانشگاه میشیگان است دفن کرد. هر بطری محتوی ۱۰۰۰ دانه از ۲۰ گونهٔ مختلف علفهای هرز بود. هر ۵ سال یک بطری بیرون آورده و دانه ها کشت می شد تا این که در سال ۱۹۲۰ برنامه

زمان‌بندی آن به ۱۰ سال تغییر کرد. وقتی که اوّلین بطری در سال ۱۸۸۴ بیرون آورده شد دانه‌های اکثر گیاهان، رویش نمودند. در سال ۱۹۶۰ دانه‌های پامچال، علف ماهور و یک دانهٔ ختمی تندش نمود؛ و این رویداد ۱۰۱ سال بعد از آن بود که دانه‌ها درون بطری و خاك قرار داده شده بودند. این نکته نیز قابل ذکر است که قبلاً تا سال ۱۸۹۹ دانه‌های ختمی تندش حاصل نکرده بود. حالا ۶ عدد از بطریهای دیگر باقی مانده است و برنامه چنین تنظیم شده که تا سال ۲۰۴۰ میلادی درون زمین باقی بمانند. شواهد اخیر حاکی از آن است که برنامهٔ زمان‌بندی خروج بطریها بدون توجه به تأثیرات دما در تندش دانه‌ها بوده است؛ چه، دما برای رویش بسیاری از دانه‌های علفهای هرز مسأله‌ای بحرانی است. اگر آزمایشات بیل به روش دیگری هدایت شده بود چه بسا نتایج تندش می‌توانست متفاوت باشد.

تعدادی از گونه‌های تک لپّه‌ایها و دولپّه‌ایها دانه‌هایی تولید می‌کنند که دارای دورهٔ خواب نیستند. در بعضی موارد، جنین که از تخم بارور شده ایجاد می‌شود بلافاصله و بدون وقفه به رشد خود ادامه می‌دهد. چنین پدیده‌ای را ***زنده‌زایی*** نامند. در درخت حرا (درختی است گرمسیری که در آبهای ساحلی و داخلی رودخانه‌ها می‌روید) هر میوه دارای یک دانه است که هنگامی که میوه هنوز بالای درخت است دانه رویش حاصل کرده رشد می‌کند و به ارتفاع ۲۵ سانتیمتر می‌رسد تا این که بعد از درخت جدا شده به زمین بیفتد و در لجن و لای فرو رود (شکل ۳۱-۸).

شکل ۳۱-۸ گیاهچه‌های حرای قرمز در حال رویش. دانه‌های حرا دورهٔ خواب ندارند و هنوز که دانه‌ها بر روی شاخه‌ها هستند تندش می‌کنند. گیاهچه‌ها قبل از آن‌که از درخت بیفتند و در گل و لای فرو روند تا ۲۵ سانتیمتر رشد می‌کنند.

خلاصه

۱. گلها ازنظر اندازه، رنگ، ساختمان، و زیستگاه، بسیار متنوّع هستند. گیاهان گلدار که چرخهٔ زندگی خود را در یک فصل کامل می کنند ***گیاهان یکساله*** نامیده می شوند، گیاهان دو ساله به دو فصل، و گیاهان چند ساله ممکن است به چندین سال برای کامل شدن چرخهٔ زندگی خود نیاز داشته باشند.

۲. دو ردّه گیاهان گلدار (تک لپّه ایها و دو لپّه ایها) از جهات گوناگون، تعداد اجزای گل، تعداد لپّه ها، رگ بندی برگها، حضور یا عدم حضور کامبیوم آوندی، نظم دستجات آوندی، و تعداد منافذ دانه گرده، با هم تفاوت دارند.

۳. یک گل دارای یک دم گل و یک نهنج است که کاسه برگها (کاسه گل)، گل برگها (جام گل)، پرچمها و مادگی به آن اتّصال دارند. بعضی از گیاهان بدون گل برگند و برخی گل برگهای پیوسته دارند. در بسیاری از گیاهان، گلها به صورت ***گل آذین*** مجتمع می شوند.

۴. مادگی دارای سه بخش است: کلاله، خامه و تخمدان. تخمدان ممکن است بالایی یا پایینی باشد. در تخمدان بالایی، اجزای گل در پایین به آن متّصلند؛ و در تخمدان پایینی در بالای آن. تخمدان ممکن است حاوی یک یا چند تخمک باشد.

۵. پرچمها دارای یک بساك محتوی دانه گرده و یک پایه یا میله هستند.

۶. یک میوه، یک تخمدان بالغ است. در گیاهان گلدار، میوه ها با تنوّع زیادی دیده می شوند. در پدیدهٔ بکرزایی میوه ها بدون لقاح تشکیل می شوند و بدون دانه هستند. ولی هر میوهٔ بدون دانه ازطریق بکرزایی ایجاد نمی شود.

۷. یک میوهٔ بالغ دارای یک برون بر (پوست) و یک درون بر اطراف دانه و یک میان بر (گوشت) می باشد که بین برون بر و درون بر قرار دارد. این سه بخش جمعاً فرابر را تشکیل می دهند. میوه ها ممکن است آبدار یا خشک باشند. همچنین یک میوه ممکن است تنها از تخمدان و یا از تخمدان و اجزای مجاور آن تشکیل شود.

۸. میوه های آبدار ممکن است ساده باشند، یعنی از یک گل با یک مادگی تشکیل شده باشند، یا مجتمع باشند که از یک گل و بیش از یک مادگی تشکیل گردیده، و یا مرکّب باشند که از چندین گل یک گل آذین ایجاد شده باشند.

۹. میوه های آبدار ساده شامل شفت که دارای یک دانهٔ احاطه شده به وسیلهٔ درون بر سخت می باشند. میوه های سته از تخمدانهای مرکّب بالایی یا پایینی به وجود می آیند و دارای بیش از یک دانه اند و علاوه بر آن دارای پوست نازك و فرابر نرم می باشند. میوه های پپو یا کدوییان دارای پوست ضخیم می باشند. میوهٔ هسپریدیوم یا مرکّبات، پوست چرمی با موادّ روغنی دارد، و میوهٔ پوم یا سیب بخش اعظم آن از رشد نهنج برآمده اطراف تخمدان ایجاد می شود.

۱۰. میوه هایی که از بخشهای دیگری از گل علاوه بر تخمدان ایجاد می گردند گاهی میوه های کاذب نامیده می شوند. بعضی از میوه های مجتمع مانند توت فرنگی ساختمان کاذبی دارند. میوه های کوچک یک میوه مرکّب در کنار هم مجموعاً تولید یک میوه بزرگتر را می کنند.

۱۱. برخی میوه های خشک، هنگام بلوغ شکوفا می شوند، چنین میوه هایی عبارتند از برگه که تنها از یک درز شکوفا می گردد؛ نیام که از دو طرف شکوفا شده، خورجین و خورجینک که نه تنها از دو سمت شکوفا می شود بلکه وسط میوه نیز به وسیلهٔ پرده ای به دو قسمت تقسیم شده و دانه ها به این پرده متّصلند. کپسولها به چندین روش شکوفا می شوند.

۱۲. میوه های خشک ناشکوفا عبارتند از؛ فندقه که در آن یک دانه در پایین به فرابر متّصل است، فندق که شبیه فندقه بوده ولی درشت تر است و دارای فرابر سخت تر. گندم که دارای دانه ای است که بطور کامل به فرابر متّصل می باشد، و سامارا که در آن فرابر به صورت بال در آمده است، شیزوکارپ میوهٔ دوقلویی است، و وقتی که خشک شد به صورت دو بخش تک دانه شکوفا می شود.

۱۳. بعضی میوه ها و دانه ها برای انتقال توسّط باد دارای بال یا ساختمان دیگری هستند. میوه ها و دانه های دیگر دارای زایده هایی می باشند و برای پراکنش به وسیلهٔ حیوانات و پرندگان سازش پیدا کرده اند. تعدادی از میوه ها دانه ها را با نیروی زیادی بیرون می اندازند و بعضی دیگر دارای مکانیسمی هستند که به وسیلهٔ آن به داخل زمین پیچیده و فرو می روند.

۱۴. جابه جایی انسان در پراکنش دانه بسیار مؤثّر است؛ بیشتر کشورها و ایالات متّحده دارای قوانین سختی برای ورود محصولات گیاهی هستند تا آفات و بیماریهای احتمالی آنها به کشورشان وارد نشوند.

۱۵. در سطح یک دانهٔ لوبیا یک اثر بنام ناف وجود دارد و در مجاور آن منفذ سفت قرار گرفته است. درون پوست دانه دولپّه به وجود آمده که گیاه کوچکی در بین آنها قرار دارد و اینها یک جنین را تشکیل می دهند. ساقهٔ جنین ژمول نام دارد. محور بالای اتّصال لپّه ها **ساقه چه**، و زیر آن محور **زیرلپّه**، و رأسی که تولید ریشه می کند **ریشه چه** نام دارد.

۱۶. در ذرّت و دانه های غلّات ژمول و ریشه چه به وسیلهٔ غلافهای لوله ای بنامهای کلئوپتیل و کلئوریز محافظت می شوند.

۱۷. تندش دانه، به تعدادی از عوامل محیطی بستگی دارد که باعث توقّف دوره خواب آن می شوند. خواب ممکن است به وسیلهٔ شرایط مکانیکی از قبیل پوست سخت دانه ادامه یابد که در آن صورت بایستی شکسته شود تا آب داخل گردد. در چنین دانه هایی به وسیلهٔ شکستن پوست دانه یا نرم کردن آن بطور مصنوعی می توان خواب را از بین برد.

۱۸. خواب یا نهفتگی همچنین به وسیلهٔ بازدارنده های تندش حاصل می شود و یا توسّط جنین نارس که هنوز بایستی برای تندش برسد. در بعضی از گیاهان چوبی مناطق معتدله، لازمهٔ تندش این است که دانه یک دورهٔ دمای سرد را طی کند تا پس از آن تندش صورت گیرد. استراتیفیکه کردن (قرار دادن دانه ها در سرما و رطوبت برای چند هفته) در چنین دانه هایی خواب را می شکند.

۱۹. حتّی هنگامی که موانع فیزیولوژیکی و مکانیکی برای تندش وجود نداشته باشند تا زمانی که عوامل محیطی مانند آب، اکسیژن، نور و درجهٔ حرارت مناسب نباشد، دانه تندش نمی کند.

۲۰. دانه ها از چند روز تا هزاران سال می توانند قدرت تندش را حفظ کنند، و این امر بستگی به گونه و شرایط نگاهداری و انبار کردن دانه دارد. توانایی تندش یا قوّهٔ نامیهٔ بیشتر دانه ها در اثر نگهداری در دمای پایین و محیط خشک بالا می رود، ولی بعضی از گیاهان علفی شرایط کمبود اکسیژن را در کنار سرما و رطوبت نیاز دارند.

۲۱. ویلیام بیل بطریهای محتوی دانه های گیاهان را در سال ۱۸۷۹ میلادی دفن کرد و بطور متناوب هرچند سال یک بطری بیرون آورده و درصد تندش دانه ها کنترل می شد. دانه های سه گونه در ۱۰۱ سال بعد از دفن بطریها هنوز تندش می کردند.

۲۲. بعضی گیاهان دانه هایی تولید می کنند که بدون مرحلهٔ خواب هستند. به رشد جنین زمانی که هنوز دانه و میوه ها روی گیاه هستند زنده زایی گفته می شود.

پرسشهای یادآوری

۱. کاسه گل، جام گل، نهنج، پدونکل (دم گل)، پدیسل (دم گل فرعی)، مادگی، میله، تخمدان، و برچه را تعریف کنید.
۲. تک لپّه ایها و دولپّه ایها را مقایسه کنید.
۳. اختلاف بین میوه و سبزی چیست؟
۴. چه عواملی باعث تبدیل تخمدان به میوه می شوند؟
۵. بخشهای گوناگون میوه را نام ببرید.
۶. چگونه می توان میوه های آبدار را از میوه های خشک تشخیص داد؟
۷. فرق بین میوه های ساده و مرکّب و مجتمع چیست؟
۸. چه اختلافی بین میوه های فندقه، گندمه، سامارا و فندق، وجود دارد؟
۹. برای این که دانه ها و میوه ها به وسیلهٔ جریان آب و یا حرکت جانوران پراکنده شوند، چه مکانیسمهای سازشی به وجود آمده است؟
۱۰. ژمول، ریشه چه، کلئوپتیل، کلئوریز، هیپوکوتیل، پس از رسیدن، استراتیفیکه کردن، و زنده زایی را تعریف کنید.

پرسشهای تشریحی

۱. گلهای بیشتر گیاهان گلدار که توسّط باد گرده افشانی می شوند عطر نامحسوسی دارند، چه تأثیری در طبیعت می داشت اگر تمام گلها به این صورت بودند؟
۲. آیا از دیدگاه گیاه شناسی تمایز بین میوه ها و سبزیجات قابل قبول می باشد؟ اگر جواب منفی است روش بهتر چیست؟
۳. در بحث مربوط به میوهٔ سیب (پوم) مشاهده شد که پوست سیب از نهنج برآمده تشکیل می شود. این پدیده را چطور می توان ثابت کرد؟
۴. پراکنش دانه و میوه به کمک باد، آب، جانوران، عوامل مکانیکی و انسان صورت می گیرد، آیا می توان راه جدیدی را برای پراکنش پیشنهاد نمود؟
۵. هنگامی که فعّالیتهای آتشفشانی یا توده های مرجانی در اقیانوس باعث ایجاد جزیره ای می شوند این جزایر به مرور زمان دارای پوشش گیاهی می گردند، آیا انتظار دارید نحوهٔ توزیع گیاهان در این جا نیز مانند قارّه های قدیم صورت گیرد؟

منابع اضافی

Bewley, J. D., and M. Black, eds. 1985. *Seeds: physiology of development and germination.* New York: Plenum Publishing Corp.

Bold, H. C., et al. 1987. *Morphology of plants and fungi,* 5th ed. New York: Harper & Row Publishers.

Cutter, E. 1971. *Plant anatomy: experiment and interpretation. Part II: Organs.* Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Co.

Duffus, C. M., and J. C. Slaughter. 1980. *Seeds and their uses.* New York: John Wiley and Sons, Inc.

Holm, E. 1979. *The biology of flowers.* New York: Penguin Books.

Pijl, L. van der. 1982. *Principles of dispersal in higher plants,* 2d ed. New York: Springler-Verlag.

Raven, P., R. F. Evert, and S. E. Eichhorn. 1986. *Biology of Plants,* 4th ed. New York: Worth Publishers, Inc.

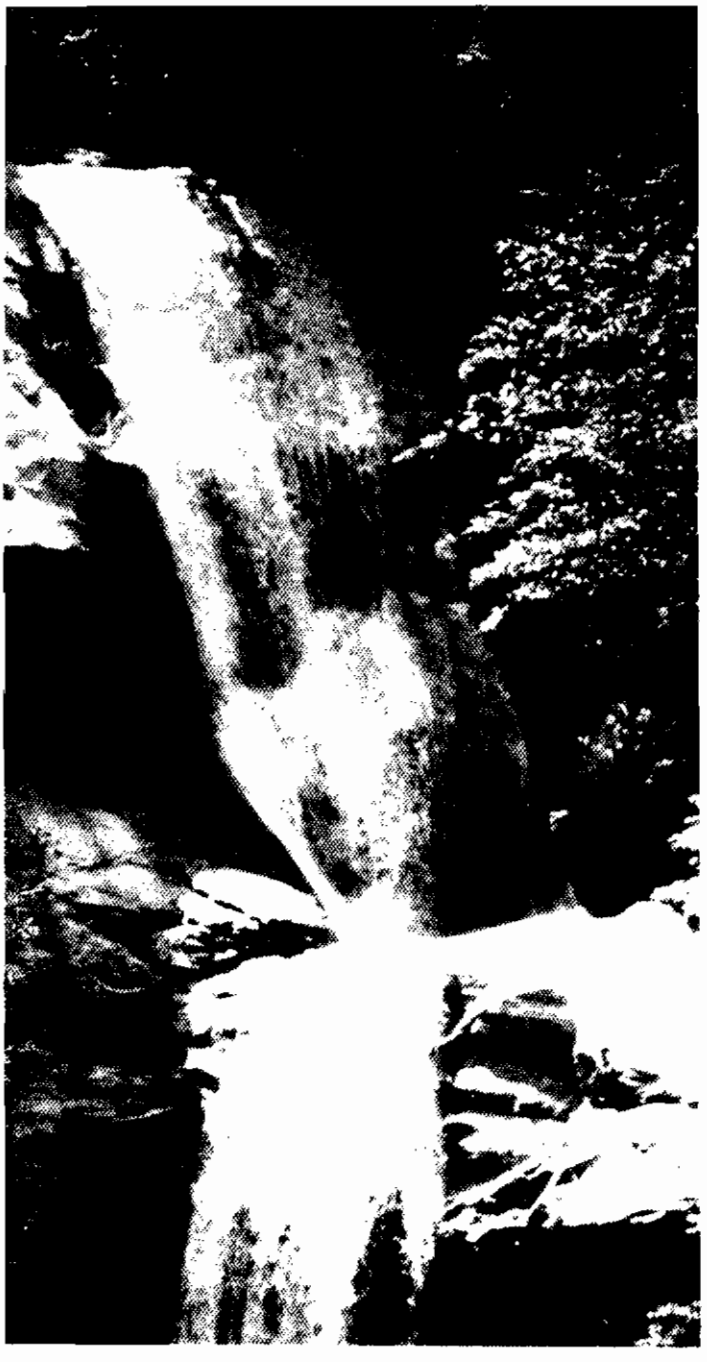
Ridley, H. N. 1930. *The dispersal of plants throughout the world.* Ashford, Kent, England: L. Reeve and Co. 1930.

Scagel, R. F., et al. 1984. *Plants: an evolutionary survey.* Belmont, CA: Wadsworth Publishing Co.

فصل نهم ـ رابطهٔ گیاه با آب و خاك

رؤوس مطالب

برخی اهداف فراگیری
نظر اجمالی
مقدّمه
جنبش ملکولی
انتشار
اسمز
پلاسمولیز
جذب آب
انتقال فعّال
آب و حرکت آن در گیاه
فرضیّهٔ کشش ـ پیوستگی
انتقال موادّ غذایی به صورت محلول
فرضیّهٔ فشار ـ جریان
تنظیم تعرّق
خاکها
موادّ مادری
اقلیم
موجودات زنده و ترکیبات آلی
پستی و بلندی منطقه
بافت خاك و ترکیب معدنی آن
ساختار خاك
آب خاك
مواد معدنی لازمهٔ رشد گیاه
عناصر پر مصرف و عناصر کم مصرف
خلاصه
پرسشهای یادآوری
پرسشهای تشریحی
منابع اضافی



آبشار برکریك در کالیفرنیای شمالی

فصل نهم

رابطهٔ گیاه با آب و خاك

برخی اهداف فراگیری

۱ - توضیحاتی با زبان ساده در خصوص انتشار، اسمز، تورژسانس، جذب آب به وسیلهٔ دانه، و انتقال فعّال.

۲ - بحث در مورد فرضیّه های فشار ـ جریان و کشش ـ پیوستگی

۳- دانستن مسیر حرکت و کاربرد آب در گیاهان

۴- توضیح چگونگی باز و بسته شدن روزنه ها

۵- تفهیم این که چگونه خاك حاصلخیز کشاورزی از موادّ خام ساخته می شود

۶- مقایسهٔ اَشکال مختلف آب خاك، با توجّه به موقعیّت خاك و در دسترس بودن آنها برای گیاه

۷- مقایسهٔ اجزای شن، سیلت و رُس، با هم

۸- آشنایی و شناخت موادّ معدنی لازمهٔ رشد گیاه

نظر اجمالی

این فصل، با مقدّمه ای در مورد جنبش ملکولی شروع می شود و مقایسه و بررسی کاملی بین توپهای در حال حرکت در اتاق با ملکولهای فعّال انجام می گیرد. سپس با بحث در مورد

انتشار، اسمز، تورژسانس، پلاسمولیز، آماس و انتقال فعّال ادامه می یابد.

این فصل سپس در مورد ورود آب به درون گیاه، حرکت آب در گیاه و تبخیر در فضای هوایی برگها و تعرّق بحث می نماید. بعد از مختصر مطالعات روی افقهای خاك و توضیح در مورد تشکیل خاکها، بافت آنها، ترکیب، ساختار و آب موجود در آنها، و در نهایت این فصل با آشنایی با عناصر معدنی لازم برای رشد گیاه خاتمه می یابد.

مقدّمه

برای هرکسی ممکن است اتّفاق افتاده باشد که در یک جادّهٔ طولانی یا در خیابانهای شهر رانندگی کند و در همین اثنا شخصی از افراد داخل ماشین بپرسد که «این بو چیست؟». بزودی یک نانوایی یا شیرینی پزی، یا کارخانهٔ کاغذسازی، و یا شاید یک جسد راسوی بدبو (اسکانک) در معرض دید ظاهر می شود و بو قویتر شده و سپس با پشت سر گذاشتن آن، بو رو به کاهش می رود. ما معمولاً دوری و نزدیکی و شدّت بو را سرسری می گیریم ولی با نزدیکی و دوری شدّت و ضعف بو را متوجّه می شویم، امّا چگونه و چرا بو به ما می رسد؟

به عنوان پاسخ، اجازه دهید دو اتاق را که ازنظر بزرگی و طول و عرض یکسانند و هیچ گونه در و پنجره و یا مبل و اثاثیه ای ندارند تصوّر نماییم. اکنون فرض کنیم از بالای سقف یکی از اتاقها روزنه ای باز شده و ناگهان ۱۰۰ توپ به داخل اتاق ریخته شود. اینها توپهای معمولی تنیس هستند بجز این که یک ویژگی استثنایی دارند و آن این که دارای موتورهای خاصّی در دورن خود هستند که سبب حرکت آنها به هر سو با سرعت ۳۰ میل در ساعت می شود. این توپهای تنیس بسرعت فضای اتاق را طی کرده و شبیه یک میدان جنگ مرتّباً به دیوارها، سقف و کف اتاق برخورد می کنند و در ضمن با هم نیز تصادف کرده و زوایای حرکتشان تغییر می کند. به این ترتیب بعد از مدّت کوتاهی توپها به صورت کاملاً تصادفی در اتاق پخش می شوند.

حال چه اتّفاقی خواهد افتاد اگر ما سوراخ کوچکی را در دیوار بین دو اتاق ایجاد کنیم؟ سرانجام یک توپ تنیس در زاویه ای منحرف می شود و یا حرکت می کند که دقیقاً از سوراخ گذشته و وارد اتاق دیگر می گردد. بطور نظری این توپ می تواند طوری حرکت کند که دوباره به اتاق اوّلی برگردد ولی این امر بعید به نظر می رسد. دلایل به ما می گویند قبل از آن که توپ اوّلی با زاویهٔ دقیقی که برای بازگشت آن به اتاق اوّل لازم است، اصابت کند، چندین توپ دیگر

از اتاق اوّل وارد می شوند. در زمان کافی امکان دارد چند توپ به داخل اتاق اوّل برگردند (امّا در زمان طولانی). در دراز مدّت هریک از دو اتاق دارای ۵۰ توپ تنیس هستند که گاه توپ بین دو اتاق در هر دو جهت مبادله می شود.

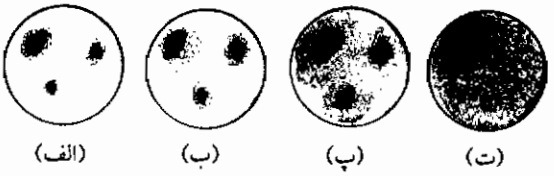
این وضعیّت که توضیح داده شد تا حدودی مشابه چیزی است که در طبیعت در سطح ملکولی روی می دهد.

جنبش ملکولی

ملکولها و یونها دایماً دارای حرکت تصادفی هستند. یک شاهد عینی، این است که می توان آن را با میکروسکپ نوری معمولی مشاهده کرد. اگر مقداری جوهر هندی را به وسیلهٔ آب رقیق کرده و با بزرگ نمایی بالای میکروسکپ مشاهده کنیم می بینیم که ذرّات کربن جوهر ظاهراً دایماً در حرکت هستند. این حرکت که موسوم به حرکت براونی است در نتیجهٔ بمباران شدن ذرّات قابل دیدن به وسیلهٔ ملکولهای غیرقابل رؤیت آب است که مدام در حرکتند.

انتشار

اختلاف شدّت، در بوها که قبلاً اشاره شد رفتاری مشابه عملکرد توپهای تنیس دارد. ملکولها با حرکت تصادفی خود سعی دارند فضایی را که در اختیار دارند کاملاً اشغال نمایند. بنابراین، ملکولهای عطر که داخل شیشه نگاهداری می شود در فضای درون شیشهٔ عطر پخش می گردند. اگر دهانهٔ شیشهٔ عطر برداشته شود، ملکولها نهایةً در فضای اتاق پخش می شوند حتّی اگر پنکه یا وسیلهٔ دیگری باعث جریان هوا شود. این جنبش ملکولها یا یونها از ناحیه ای با تراکم زیاد به محلّی با تراکم کم را انتشار گویند (شکل ۱-۹). گفته می شود ملکولهایی که از محلّی با تراکم زیاد به محلّی با تراکم کم حرکت می کنند در جهت طیف انتشار حرکت می کنند. هنگامی که ملکولها با حرکات تصادفی خود در تمام جهات در فضایی که در اختیار دارند پخش شده اند آنها در حالت تعادل محسوب می شوند. میزان انتشار به چند عامل وابسته است که شامل دما و همچنین چگالی محیطی است که انتشار در آن صورت می گیرد.



شکل ۱-۹ انتشار ملکولها از یك قطعهٔ کریستال رنگ که در سطح آگار قرار داده شده است. چنانچه ظرف دست‌نخورده باقی بماند، ممکن است برای انتشار کامل سالها طول بکشد.

بجز در ناحیه ای که بلافاصله در اطراف منبع اصلی قرار دارد، پخش در مناطق دور از منبع نیاز به زمان زیادی دارد چون اندازهٔ ملکولها و یونها بسیار کوچک است. بعضی از چیزها که قطرشان کمتر از یک میلیونی اُم میلیمتر است جهت طی کردن یک میلیمتر مسافت نیاز به زمان طولانی دارد حتّی اگر این حرکت نسب به خود ذرّه، بسیار زیاد باشد. در گازها فضای زیادی بین ملکولها وجود دارد و به همان نسبت شانس کمتری برای تصادم ملکولها با یکدیگر وجود دارد که موجب کندی حرکت آنها شود. اساساً ملکولهای گاز فضایی را که در اختیارشان است سریعاً اشغال می کنند، در حالی که مایعات آهسته، و جامدات نیز بسیار آهسته تر حرکت می کنند.

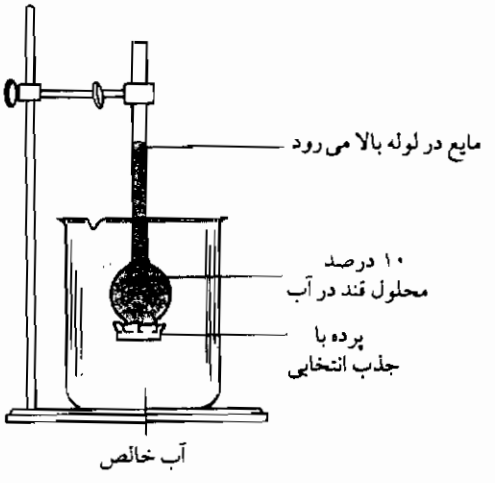
ملکولهای بزرگ خیلی آهسته تر از ملکولهای کوچک حرکت می کنند. اگر یک قطرهٔ کوچک رنگ (به‌عنوان مادّه‌ای دارای ملکولهای بزرگ) را در ته وان آب طوری قرار دهیم که آب به هیچ وجه به هم نخورد، در این صورت برای انتشار ملکولهای رنگ و رسیدن به حالت تعادل، به سالها زمان نیاز است. ولی در طبیعت، باد و آبهای جاری ملکولها را خیلی سریعتر از هنگامی که تنها تحت اثر انتشار پراکنده می شوند پخش می کنند. میزان انتشار نیز تحت اثر چگالی (تراکم) ملکولهای مربوطه و عوامل دیگری مانند درجهٔ حرارت می باشد.

اُسمُز

علی رغم این که پروتوپلاستهای سلّولهای زنده توسّط غشا احاطه شده اند، این موضوع اکنون بخوبی آشکار شد است که آب (یک حلّال) آزادانه از سلّولی به سلّول دیگر حرکت می کند. این پدیده منجر به این شد که دانشمندان وجود منافذ ریز یا فضاهایی را بین غشاهای پلاسمایی و واکوئلی و دیگر سیستمهای غشایی باور کنند. و همچنین باعث گردید که مدلهایی از ساختمان غشا ساخته شود (شکل ۷-۳ را مشاهده نمایید). غشاهایی که موادّ مختلف با شدّتهای گوناگونی

از آن عبور می کنند به عنوان غشای با نفوذپذیری انتخابی تعریف می کنند. غشای سلّولی تمامی گیاهان دارای خاصیّت نفوذپذیری انتخابی اند.

در سلّولهای گیاهی اسمز عبارت است از نفوذ آب (یا هر حلّال دیگر) از میان غشایی که دارای نفوذپذیری انتخابی است. اسمز را می توان بدین وسیله به نمایش گذاشت. یک پردهٔ نازکی را در دهانهٔ لولهٔ تیسل بسته و درون لوله را از محلول ۱۰ درصد قند (محلولی که شامل ۱۰ درصد قند و ۹۰ درصد آب است) پر کرد. در نتیجه وقتی لولهٔ تیسل زیر آب برده شود و با ایجاد پدیدهٔ اسمز مایع در قسمت تنگ لوله بالا می آید (شکل ۲-۹). فشاری که در بالای لوله لازم است تا دقیقاً مانع صعود مایع در لوله شود ***پتانسیل اسمزی*** نامیده می شود. به عبارت دیگر پتانسیل اسمزی مقدار فشاری است که مانع انجام اسمز می شود.



شکل ۲-۹ یك دستگاه اندازه‌گیری اسمز ساده که از اتّصال پرده‌ای به دهانهٔ یك لولهٔ بالن‌دار درست شده است.

تا زمانی که پتانسیل اسمزی به وسیلهٔ مقاومت دیوارهٔ سلّول متعادل نشود آب توسّط اسمز وارد سلّول می گردد. آب جمع شده در سلّول ممکن است باعث آماس یا تورژسانس سلّول شود. فشار تورژسانس که در مقابل دیواره ها عمل می کند حاصل ورود آب در واکوئل سلّول است که پتانسیل فشار نامیده می شود. آزاد شدن فشار تورژسانس را می توان هنگامی که قطعه ای از برگ جوان کرفس و کاهو را گاز می زنیم شنید. هنگامی که ما، هویج، کرفس،

کاهو را در آب خالص خیس می نماییم تا آنها تازه شوند، کمک کرده ایم که تورژسانس سلّولهای گیاهی افزایش یابد. پتانسیل آب یک سلّول گیاهی اساساً مجموع پتانسیل اسمزی و پتانسیل فشار می باشد. اگر ما دو سلّول مجاور هم داشته باشیم که دارای پتانسیل آب متفاوتی باشند، آب از سلّولی که پتانسیل آب بیشتری دارد به سلّول دیگر که پتانسیل آب کمتری دارد جریان خواهد یافت.

اسمز وسیلهٔ اصلی برای ورود آب به گیاهان از محیط اطراف محسوب می شود. در گیاهان خشکی، آب از خاك وارد دیواره های سلّولی و فضای بین سلّولی و روپوست و تارهای کشنده می شود. سپس از دیواره های سلّولی عبور کرده به اندودرم می رسد. در این جا آب در مسیر خود از میان غشاهای با نفوذپذیری انتخابی و پروتوپلاست سلّولهای آندودرم به سَمت آوندهای چوبی حرکت می کند و به برگها منتقل شده و در فضاهای هوایی برگ تبخیر و ازطریق روزنه های برگ به اتمسفر وارد می شود (تعرّق). جریان آب به این علّت که از پتانسیل نسبةً بالای آب خاك شروع شده و به پتانسیلهای پایینتر آب در ریشه ها، ساقه ها، برگها، و اتمسفر می رسد یک شیب پتانسیل و جهت جریان مشخّصی را برقرار می کند.

پلاسمولیز

اگر هویج یا کرفس متورّمی را در محلول ۱۰ درصد آب نمک قرار دهید، بسرعت حالت تورژسانس خود را از دست داده و تا حدّی نرم می شود بطوری که می تواند به دور انگشتان پیچیده شود. پتانسیل آب درون سلّولهای هویج، بیشتر از پتانسیل آب خارج است و بنابراین آب از داخل سلّولها به درون محلول نمک انتشار می یابد. اگر شما چنین سلّولهایی را به کمک میکروسکپ بررسی کنید خواهید دید که واکوئلها که دارای آب زیادی بودند، ناپدید شده اند و پروتوپلاسم نیز چروکیده شده و از دیواره ها فاصله گرفته و در وسط سلّول متراکم شده است. به چنین سلّولهایی، سلّولهای پلاسمولیز شده گویند. این طریقه از دست دادن آب به واسطهٔ اسمز که همراه با جدا شدن پروتوپلاسم از دیوارهٔ سلّول است **پلاسمولیز** گویند (شکل ۳-۹). اگر سلّولهای پلاسمولیز شده قبل از این که زیان و خسارت دایمی به آنها وارد گردد درون آب شیرین قرار داده شوند، آب مجدّداً به وسیلهٔ اسمز وارد سلّولها شده و دوباره سلّولها به حالت تورژسانس بر می گردند.

(الف) (ب)

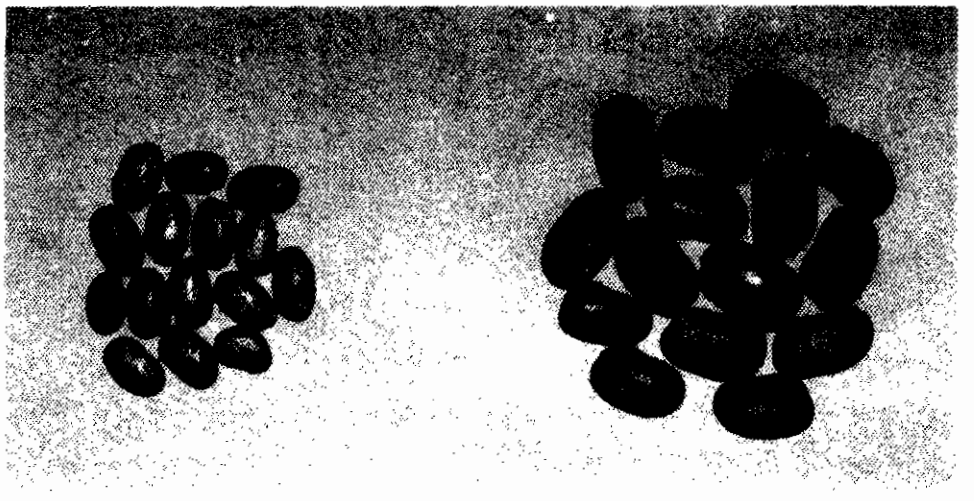
شکل ۳-۹ قطعه‌ای از برگ علف آبی الودا. الف ـ سلولهای عادی. ب ـ سلولهای پلاسمولیزه شده.

آماس

اسمز تنها نیروی مؤثّر در جذب به وسیلهٔ گیاهان نیست. موادّ کلوئیدی (موادّ که شامل سوسپانسیون دایمی از ذرّات نرم و کوچکند) و ملکولهای بزرگی مانند سلولز و نشاسته معمولاً وقتی که مرطوبند تولید بارهای الکتریکی می کنند و ملکولهای آب را جذب می کنند به سطح داخلی مواد می چسبند. چون ملکولهای آب ملکولهای قطبی هستند (ملکولهای قطبی دارای اندکی بار الکتریکی مخالف در دو انتها می باشند، به توضیحی در فصل ۲ مراجعه شود)، چنین ملکولهایی می توانند با ملکولهای بزرگ آلی، مانند سلّولز و همچنین با یکدیگر اتّصال یابنده این عمل آب نوشی *آماس* نامیده می شود و نتیجه آماس بافتهاست خواه بافتها زنده و یا مرده باشند. افزایش اندازه در نتیجهٔ جذب آب غالباً چندین برابر حجم اوّلیه می باشد. آماس یکی از مراحل اوّلیه در رویش دانه هاست (شکل ۴-۹).

نیروهای فیزیکی ایجاد شده در طیّ رویش دانه ها می توانند بسیار زیاد باشند و حتّی تا آن جایی که باعث شوند دانه ها سنگهای چند تنی را بشکافند (به شکل ۸-۲۴ مراجعه شود). برای مثال محاسبه شده است که فشار ۴۲٫۲ کیلوگرم بر سانتیمتر مربّع لازم است تا پوست دانهٔ گردوی تازه ای را از درون بشکافد. آبی که به وسیلهٔ دانهٔ توق (Xanthium sp.) (از خانوادهٔ گل مینا) جذب می شود فشاری بیش از ۱۰۰۰ برابر فشار معمولی اتمسفر ایجاد می کند. هنگامی که آب در اختیار دانه قرار می گیرد دانه بسادگی رویش می کند؛ چه دانه هایی که در شیار

صخره ها قرار داشته باشند، و چه دانه هایی که روی آنها سنگهای غلتانی افتاده باشند. اعتقاد براین است که سنگهای بزرگی که در ساختن اهرام مصر به کار رفته به این ترتیب تهیّه می شده که ابتدا تیرهای چوبی را در سوراخهای اطراف صخره ها قرار می داده اند و سپس چوبها را در آب قرار می دادند تا خیس شود. هنگامی که چوبها در اثر آب نوشی به حالت تورژسانس می رسیدند نیرویی را به وجود می آوردند که برای شکافتن صخره ها کافی بود.



شکل ۴-۹ دانه‌های کرچك قبل و پس از آب‌نوشی

انتقال فعّال

اجازه دهید برای لحظه ای به دو اتاق قبلی با توپهای تنیس برگردیم. فرض کنید که علاوه بر ۱۰۰ توپ تنیس، ۵۰ توپ بسکتبال پر باد که همچنین دارای موتورهایی برای حرکت دایمی هستند و به آنها اجازه می دهند با سرعت ۱۲ میل در ساعت به تمام جهات حرکت کنند به داخل اتاق رها کنیم. آنها بعد از رها شدن بایستی در زمان کوتاهی بطور تصادفی در سراسر اتاق پخش شوند. همچنین سوراخ موجود در دیوار (که توپهای تنیس آزادانه می توانند از آن عبور کنند) به اندازهٔ کافی بزرگ نیست که توپ بسکتبال بتواند از آن آزادانه عبور کند. بنابراین، توپهای بسکتبال در اتاق اوّلی باقی خواهند ماند. ولی اگر یک بازوی مکانیکی نزدیک سوراخ

درون اتاق دوم نصب کنیم و این بازو بتواند توپهای بسکتبالی را که نزدیک سوراخ می آیند چنگ بزند و آنها را با صرف انرژی وارد اتاق دوم کند، آشکارا بتدریج تعداد توپهای بسکتبال در اتاق دوم افزایش می یابد.

گیاهان نیز انرژی صرف می کنند. سلّولهای گیاهی بطور کلّی دارای تعداد زیادتری از یونها و ملکولهای معدنی در مجاور ریشه نسبت به ملکولهای خاك هستند. اگر غشاهای نفوذپذیر انتخابی مانع نفوذ نمی شد این ملکولها و یونها از سلّولهای با تراکم زیاد، به خاك که تراکم کمتری دارند سرازیر می شد. بیشتر ملکولهای مورد نیاز سلّولها قطبی هستند؛ و غالب ملکولهای محلول شیب الکتریکی داشته و در عرض غشاهای نفوذپذیر انتخابی سلّولهای زنده ممکن است دارای ناقلین پروتئین مخصوص باشند تا از غشا عبور کنند (شکل ۷-۳ را مشاهده نمایید). اعتقاد بر این است که پروتئینهای ناقل به دو شکل عمل می کنند: یک نوع خروج یونها را به بیرون سلّول؛ و دیگری ورود یونها را به درون سلّول تسهیل می کنند.

گیاهان با صرف انرژی بعضی از مواد را برخلاف انتشار یا شیب الکتریکی جذب و نگاهداری می کنند. این عمل ***انتقال فعّال*** نامیده می شود. مکانیسم دقیق انتقال فعّال شناخته نشده است، ولی ظاهراً با آنزیم و آنچه که دانشمندان به عنوان پمپ پروتون در غشای پلاسمایی گیاهان و قارچها به آن اشاره شده در ارتباط است. در حالی که در سلّولهای جانوران این پمپ در نتیجه حضور سدیم و پتاسیم به وجود می آید. هر دو پمپ که اشاره شد، انرژی خود را از ملکولهای ATP تأمین می کنند (در فصل ۱۰ توضیح داده می شود).

آب، و حرکت آن در گیاه

اگر شما سطح خاك گلدانی را در قاعدهٔ گیاه با صفحهٔ آلومینیوم بپوشانید و گلدان را در جایی که نور دریافت کند قرار داده و روی آن یک ظرف شیشه ای وارونه بگذارید، توجّه خواهید کرد که پس از گذشت یک یا دو ساعت رطوبت داخل ظرف شیشه ای انباشته خواهد شد. این رطوبت به علّت حضور صفحه آلومینیوم از سطح خاك ایجاد نمی شود بلکه بایستی از گیاه وارد ظرف شده باشد. بیش از ۹۰ درصد از آبی که وارد گیاه می شود در گیاه حرکت کرده و تبخیر می شود. ابتدا به درون فضاهای هوایی برگها و سپس ازطریق روزنه ها به داخل اتمسفر رها می گردد (شکل ۶-۹). معمولاً کمتر از ۵ درصد از آب ازطریق کوتیکول تبخیر می شود. عمل از دست دادن بخار آب از درون گیاه ***تعرّق*** نام دارد.

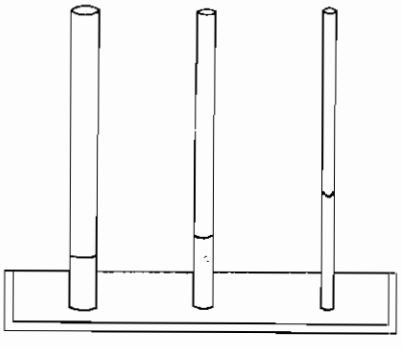
مقدار آبی که به وسیلهٔ گیاهان تعرّق می شود ظاهراً بیش از حدّ انتظار است. برای مثال هر گیاه بالغ ذرّت ۱۵ لیتر آب را در هفته تعرّق می نماید و ۰/۴ هکتار مزرعه ذرّت بیش از ۱۳۲۵۰۰۰ لیتر آب در ۱۰۰ روز فصل رویش خود تعرّق می کند. یک درخت سخت چوب، در حدود ۴۵۰ لیتر آب استفاده می کند تا مقدار ۰/۴۵ کیلوگرم چوب تولید کند. ۲۰۰۰۰۰ برگ یک درخت غان متوسّط، از ۷۵۰ تا بیش از ۳۷۸۵ لیتر آب در روز در طیّ فصل رشد تعرّق می کند. انسان بیشتر آب مورد نیاز خود را از طریق سیستمهای گوارشی بازیافت نموده و به چرخش در می آورد. اگر قرار بود او مثل گیاهان احتیاجات آبی خود را برآورده کند، هر انسان بالغ در روز بایستی ۳۸ لیتر آب مصرف می کرد.

چرا این مقدار آب در پدیده های طبیعی حیات گیاهان لازم است؟ آب، در حدود ۹۰ درصد وزن سلّولهای جوان را تشکیل می دهد. هزاران عمل آنزیمی و فعّالیتهای شیمیایی سلّولها، در داخل آب صورت می گیرد؛ و به علاوه گرچه به مقدار ناچیز در عمل فتوسنتز مصرف می شود. سطوح سلّولهای کلرانشیمی داخل برگها بایستی همیشه مرطوب باشد چون از طریق همین لایهٔ نازك آب است که ملکولهای دی اکسید کربن مورد نیاز فتوسنتز از هوا وارد سلّولها می شوند. آب همچنین در ایجاد فشار تورژسانس لازم است و نیز باعث استحکام گیاهان علفی می شود. تصوّر کنید در وسط تابستان با تابش آفتاب و دمای ۳۸ درجهٔ سانتیگراد چه اتّفاقی برای برگهای پهن و سلّولهای مزوفیل برگها می افتاد؟ اگر تبخیر آب باعث خنکی برگها و بازتاب انرژی حرارتی نمی شد این حرارت شدید به گیاه آسیب می رساند. گاه تعرّق سریع است بطوری که از دست دادن آب، بیش از جذب است؛ در این صورت روزنه ها بسته می شوند، و به این ترتیب از مرگ گیاه جلوگیری می گردد. (به نقش اسید ابسیزیک در ارتباط با از دست دادن آب، به بحث فصل ۱۱ مراجعه شود).

چگونه آب از میان ریشه ها از ۳ تا ۶ متر یا بیشتر، از زیر سطح زمین و سپس از طریق تنه به بالاترین برگهای درختی که بیش از ۹۰ متر ارتفاع دارد جریان می یابد؟ ما می دانیم که راههای طولانی لوله ای از طریق آوندهای چوبی از ریشه های جوان و از طریق ساقه و شاخه ها تا رگ برگهای نازك امتداد دارند. همچنین می دانیم که آب این سیستم لوله ای به وسیلهٔ اسمز که از شیب پتانسیل آب پیروی می کند جریان می یابد. امّا جریان آب ظاهراً در نتیجهٔ ترکیبی از عوامل از میان ستونها بالا می رود. این پدیده ای می باشد که بیش از ۲۰۰ سال است مورد بحث قرار دارد.

یکی از قدیمیترین توجیهات در مورد صعود آب در گیاه زنده در سال ۱۶۸۲ میلادی توسّط دانشمند انگلیسی بنام گرو بیان شد. او پیشنهاد کرد که سلّولهای اطراف تراکئیدها و سلّولهای چوبی پمپی را به وجود می آورند که سبب صعود آب در آوندها می شود. ولی این فرضیّه مورد سؤال قرار گرفت زیرا در طول ساقه های مرده نیز آب صعود می کند. بعد از آن، عقیدهٔ مارسلو مالپیگی پذیرفته شد مبی بر این که آب ازطریق عمل مویینی حرکت می کند. این امر بخوبی شناخته شده است که آب در لوله های باریک بالا خواهد رفت و ارتفاع ستون آب با قطر لولهٔ نسبت عکس دارد. همچنین معلوم شده که این صعود به وسیلهٔ نیروهایی انجام می گیرد که سبب خمیده شدن آب (مقعّر شدن سطح آب) در بالاترین قسمت آب در ستون می شود (شکل ۵-۹).

حتّی اگر آب بتواند تا یک متر یا بیشتر در لولهٔ باریک صعود کند وجود هوا در بالای ستون آب جهت عملکرد نیروها ضروری است ولی این حالتی نیست که در گیاهان وجود داشته باشد. در حقیقت عدم وجود هوا در ستون آب داخل آوندهای چوبی در صعود آب دخالت می کند. همچنین اگرچه قوّهٔ مویینی نیروی کافی برای صعود آب تا یک یا دو متر می تواند فراهم کند، لیکن قطر لوله ها آن قدر کوچک نیست که آب بتواند بیش از این مقدار بالا رود.



شکل ۵-۹ صعود آب به‌وسیلهٔ لوله‌های مویینه. هراندازه لوله قطر کوچکتری داشته باشد، آب در آن به‌سطح بالاتری صعود می‌کند.

فیزیولوژیست گیاهی پیش کسوت بنام Stephen Hales فشار ریشه ای را به عنوان یک عامل در حرکت آب کشف و اندازه گیری نمود. زمانی که بعضی گیاهان بعد از شروع رشد بهارهٔ

خود، شاخه های آنها بریده می شود، آب از انتهای قسمتهای بریده شده تراوش می کند. این عمل، نتیجهٔ فشار ریشه ای می باشد که با اسمز و شاید نیروهای دیگر همراه است. ولی بعضی از گیاهان بعد از قطع شاخه به اصطلاح گریه نمی کنند. در هر صورت نیروی به کار رفته توسّط فشار ریشه ای نشان داده شده است که عموماً کمتر از ۳۰ گرم بر سانتیمتر مربّع می باشد. این مقدار بطور قابل ملاحظه ای کمتر از آن است که برای صعود آب تا نوك درختان لازم می باشد. به علاوه به نظر می رسد که فشار ریشه ای در تابستان هنگامی که بالاترین مقدار آب در سراسر گیاه در جریان است تا مقدار ناچیزی تنزّل می کند.

فرضیّهٔ کشش ـ پیوستگی

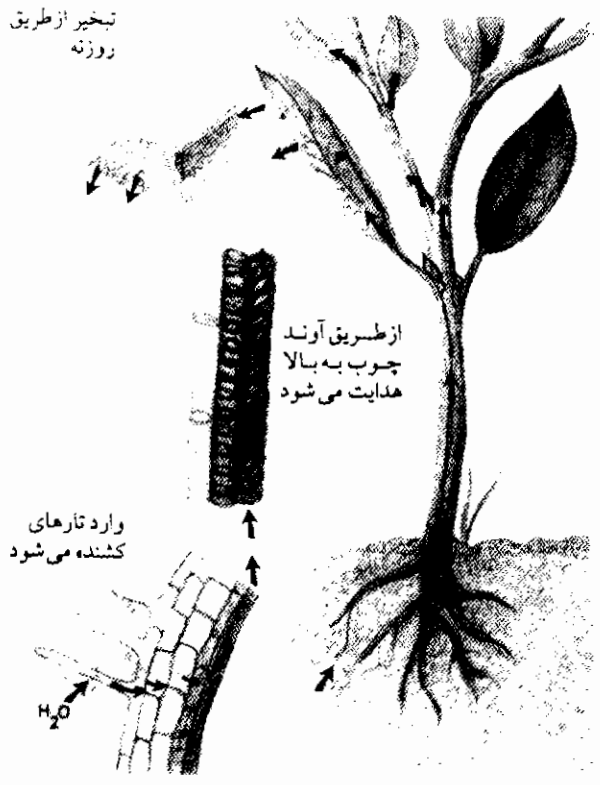
Hales همچنین یک نیروی کششی را شناسایی کرد که به تبخیر آب از ساقه ها و برگها مربوط است. این خود مبنای توضیح قانع کننده ای در مورد صعود آب در گیاهان است که به صورت فرضیّهٔ کشش ـ پیوستگی بیان می شود. ملکولهای آب ازنظر الکتریکی خنثی هستند ولی دارای شکل نامتقارنی هستند (به شکل ۳-۲ رجوع شود). این امر در نتیجهٔ این است که ملکولها دارای مقداری جزئی بار منفی در یک انتها و مقداری جزئی بار مثبت در انتهای دیگر باشند. به این ملکولها، ملکولهای قطبی گفته می شود. هنگامی که انتهای بار منفی یک ملکول آب به انتهای بار جزئی مثبت ملکول دیگر آب نزدیک می شود، یک پیوند هیدروژنی ضعیف، این ملکولها را در کنار هم نگاه می دارد. شناخته شده است که چسبندگی بین ملکولهای آب و دیوارهٔ لولهٔ مویینی (آوندهای تراکئید و وسل) و پیوستگی ملکولهای آب با یکدیگر، باعث می شود که مقدار کشش مشخّصی وجود داشته باشد. برای مثال این امکان دارد که یک لیوان کوچک پر از آب را که ورقهٔ نازك و صافی از مقوّا در دهانهٔ آن قرار داده شده وارونه کنیم بدون این که آب بیرون بریزد، چون نیروی چسبندگی بین ملکولهای آب و ورقهٔ نازك مقوّا و نیروی پیوستگی بین ملکولهای آب باعث نگاه داشتن مقوّا بر روی لبهٔ لیوان می شود.

هنگامی که آب از سلّولهای مزوفیل برگ تبخیر شده و ازطریق روزنه ها به بیرون منتشر می شود (تعرّق). سلّولها دارای پتانسیل آب کمتری نسبت به سلّولهای مجاور هستند. چون سلّولهای مجاور در مقابل دارای پتانسیل بالای آب هستند، جریان آب به سلّولهای اوّل به واسطهٔ اسمز روی می دهد. این حالت در ردیفهای سلّولهای مزوفیل ادامه پیدا می کند تا این که به یک رگ برگ کوچک برسد. همان طور که در فصل گذشته نشان داده شد، هر رگ برگ کوچک

به یک رگ برگ بزرگ متّصل می شود، و هر رگ برگ بزرگ به آوندهای چوبی اصلی در ساقه می پیوندد. و همین طور آوندهای چوبی ساقه به آوندهای چوبی ریشه که آب جذب شده به وسیلهٔ اسمز از خاك را دریافت می کنند، متّصل می گردند. هنگامی که تعرّق صورت می گیرد مکشی بر روی ستون آب تولید می کند که کشش آب ازطریق یک ملکول به ملکول دیگر سبب ایجاد یک مسیر سرتاسری میان سلّولهای آوندهای چوبی می شود. برای جریان آب در درختانی که به اندازهٔ قابل توجّهی بلند هستند نیروی پیوستگی الزامی است؛ ولی قدرت پیوستگی بین ملکولهای آب، خیلی بیشتر از مقداری است که مورد نیاز می باشد. هر نوع قطع پیوستگی مانند حضور حباب کوچک هوا باعث بلوکه شدن موقّتی یا دایمی انتقال آب می شود. این امر بندرت مشکل به وجود می آورد زیرا حبابهای کوچک شاید مجدّداً حل شوند. حبابهای بزرگ بندرت بیش از چند لولهٔ مویین از تعداد فراوان آوندهای چوبی را در هر زمان مسدود می کند.

جزئی از عبور آب از داخل پروتوپلاسم سلّول، و بخشی از میان فضای بین سلّولها، بین الیاف سلّولزی و ازطریق دیواره ها و فضاهای میانی سلّولهای مرده انجام می گیرد. بیشتر آب و محلولهایی که به آوندهای چوبی ریشه می رسند می توانند از میان سلّولهای روپوست و پوست و ازطریق دیواره های سلّولها عبور کنند تا این که به آندودرم برسند. در این جا با صرف نیرو از پروتوپلاست سلّولهای آندودرم نیز عبور کرده (ازطریق حلقهٔ کاسپارین به فصل ۶ رجوع شود) تا این که به آوندهای چوب برسند. اگر تعرّق سریع انجام شود ریشه ها بسرعت به سَمت رطوبت قابل دسترس رشد می کنند. در گیاهان ذرّت به عنوان مثال ریشهٔ اصلی رشدی بیش از ۶ سانتیمتر در روز دارد. محلولهایی مانند آب ممکن است خیلی بسرعت در طیّ زمانی که تعرّق سریع است منتقل شوند. اسمز ناچیزی در عرض سلّولهای آندودرم وجود دارد. در چنین اوقاتی دانشمندان معتقدند که شاید آب توسّط جریان کلی (bulk flow) به ریشه کشیده شود که ناشی از حرکت غیرفعّال مایع از پتانسیل بالا به پتانسیل پایین است.

برای مرور مجدّد: ستونهایی از ملکولهای آب، از ریشه ها تا برگها در حرکتند و آب فراوانی از یک خاك مرطوب معمولی هنگامی که توسّط پدیدهٔ اسمز وارد ریشه می شود، این ستونها را تشکیل می دهند (شکل ۶-۹). بطور ساده تر اختلاف بین پتانسیل آب در دو ناحیه (مثلاً خاك و هوای اطراف روزنه ها) مولّد نیرو جهت انتقال آب در یک گیاه می باشد.



شکل ۶-۹ مسیر آب در گیاه

انتقال مواد غذایی به صورت محلول

یکی از پر اهمّیت ترین اعمال آب، انتقال مواد غذایی محلول توسّط آوندهای آبکش است که در مطالعات اخیر بهتر شناخته شده است. بسیاری از مطالعات که منجر به دانش کنونی ما شده است؛ ازطریق حشرات مکندهٔ کوچک و ترکیبات آلی نشاندار با موادّ رادیواکتیو بوده است.

بسیاری از شته ها از آوندهای آب کشی برگها و ساقه ها تغذیه می کنند. بدین طریق که قطعهٔ دهانی لوله ای و نازك خود را در ساقه یا برگ فرو می برند تا به لوله های آوندهای آبکش برسد و سوراخی ایجاد شود. فشار تورژسانس لوله های آب کشی سبب جریان مایع به داخل قطعهٔ مکنده و لولهٔ گوارشی حشره می شود و در نتیجه در انتهای دیگر قطرات کوچکی به صورت شبنم

عسلی دفع می شود. پژوهشگران در مطالعات خود، حشرات را در حال تغذیه بی هوش و مکنده های آنها را قطع می نمایند بطوری که قسمت بیشتر این لولهٔ باریک در جایی که حشره فرو برده باقی می ماند. مایع از مکنده بریده شده (به مدّت ساعتها) تراوش کرده و لذا جمع آوری و تجزیه می شود. در آزمایشات دیگر مسیر موادّ غذایی را که توسّط فتوسنتز در برگها ساخته می شود از طریق دی اکسیدکربن مصرفی (که یکی از موادّ بنیادی در فتوسنتز است) که کربن آن *کربن رادیواکتیو* علامت گذاری شده است دنبال می شود. موادّ رادیواکتیو تولید شده براساس اثری که بر روی فیلم می گذارند تصویری از مسیر موادّ غذایی را ارائه می دهند. اطّلاعات به دست آمده از این تحقیقات نشان می دهد که مواد غذایی محلول تماماً به لوله ای آب کشی ختم می شوند و از آن جا انتقال می یابند. زمانی تصوّر براین بود که انتشار معمولی و جریان سیکلوز (به فصل ۳ مراجعه شود) عامل حرکت مواد از یک عنصر آبکش به عنصر دیگر است، ولی اکنون مشخّص شده است که مواد درمیان آوندهای آبکش با سرعت تقریبی ۱۰۰ سانتیمتر درساعت حرکت می کند. چنین حرکت سریعی بعید به نظر می رسد که تنها به علّت انتشار و یا سیکلوز باشد.

فرضیّهٔ فشار ـ جریان

در حال حاضر برای حرکت موادّ درون آوندهای آبکش فرضیّه ای که عموماً پذیرفته شده است فرضیّهٔ فشار ـ جریان (جریان توده ای) نامیده می شود. برحسب این فرضیّه، موادّ غذایی به صورت محلول از منبع یعنی جایی که آب به وسیلهٔ اسمز جذب می شود (مانند یک بافت ذخیره ای، پوست یا ریشه و ریزوم و یا بافت تولیدکننده، و بافت مزوفیل برگ) جریان یافته و به جایی که غذا مورد مصرف قرار می گیرد حرکت می کند. موادّ غذایی محلول در جهت شیب غلظت بین منبع تولید و مصرف حرکت داده می شود.

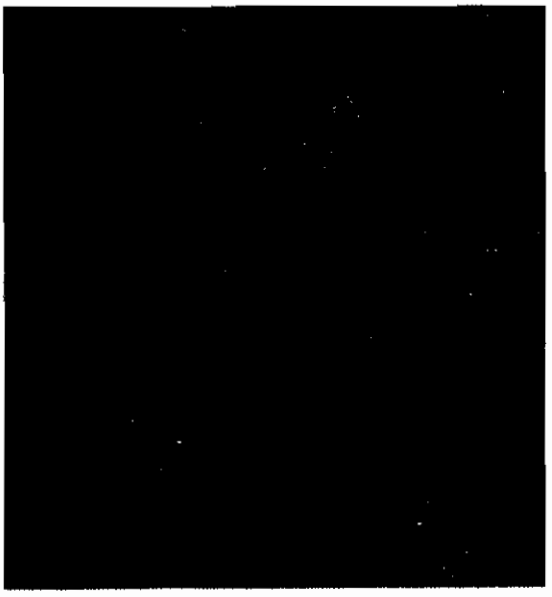
ابتدا طیّ پدیده ای که آن را بارگیری آبکش گویند، قند توسّط انتقال فعّال وارد لوله های آب کشی در رگ برگهای بسیار کوچک می شود. این عمل باعث کاهش پتانسیل آب در لوله های آب کشی می گردد. سپس آب به وسیلهٔ اسمز به درون سلّولهای آبکش وارد می شود. فشار تورژسانس که به وسیلهٔ ایجاد اسمز افزایش یافته عهده دار جریان شیره پروردهٔ درون شبکهٔ لوله های آب کشی به سمت مکان مصرف می باشد. هنگامی که موادّ غذایی (عمدهٔ ساکارز) به صورت محلول فعّالانه در نقاط مصرف جذب می شوند، آب نیز در پایان، لوله های آب کشی را رها کرده و فشار در این لوله ها کاهش می یابد. این کاهش فشار سبب به وجود آمدن جریان

از جایی که دارای فشار زیاد است مانند منبع تولید، به جایی که فشار کم است مانند مکان مصرف می گردد. بخش عمدهٔ آب به آوندهای چوبی و از آن جا دوباره به منبع برای انتقال مجدّد بر می گردد. فرضیّهٔ فشار ـ جریان بخوبی توضیح می دهد که چگونه موادّ رنگی غیرسمّی که توسّط برگها استفاده می شود و یا موادّ وارد شده به لوله های آبکش مانند ویروسهایی که توسّط حشرات وارد می شوند، در آوندهای آبکش جابه جا می شوند.

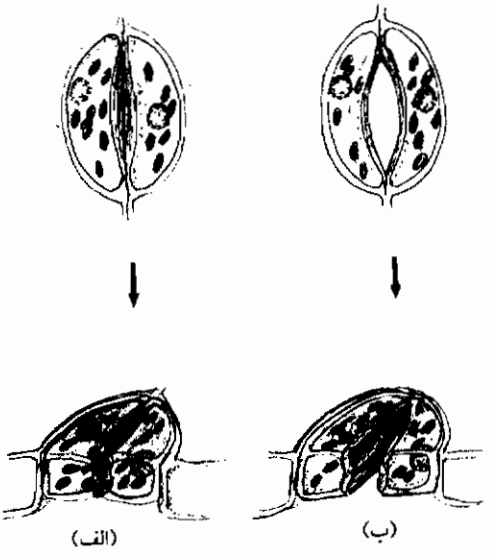
تنظیم تعرّق

روزنه ها که حدود یک درصد یا بیشتر از سطح برگ را می پوشانند عمل تعرّق و مبادلهٔ گازها را تنظیم می کنند، اگرچه کنترل اصلی تعرّق ازطریق تراکم بخار آب در اتمسفر صورت می گیرد. سلّولهای محافظ تشکیل دهندهٔ هر روزنه با میکروفیبریلهای شعاعی خود نسبةً انعطاف پذیر می باشند. آنها شبیه یک جفت بالون سوسیسی شکل می باشند که در دو انتها به هم وصل شده اند. به اطراف هرکدام یک ردیف از نوارهای لاستیکی وصل شده است. بخشی از دیوارهٔ مجاور منفذ بطور قابل ملاحظه ای از بقیّهٔ دیواره ضخیمتر است (شکل ۷-۹). هنگامی که فشار تورژسانس کم باشد روزنه بسته می شود و هنگامی که فشار تورژسانس بالا رود روزنه باز می شود. تغییرات فشار تورژسانس در سلّولهای محافظ هنگامی اتّفاق می افتد که تغییراتی در شدّت نور، تراکم دی اکسید کربن و یا تراکم آب به وجود آید.

تغییرات فشار تورژسانس وقتی صورت می گیرد که غلظت محلول به علّت اسمز و انتقال فعّال مواد بین سلّولهای روپوست و سلّولهای روزنه تغییر نماید. برای مثال جذب یونهای پتاسیم و کلرید از سلّولهای دیگر روپوست یا از اسیدهای آلی تولید شده از نشاسته را شامل می شود. جهت جذب یونهای پتاسیم به وسیلهٔ سلّولهای محافظ روزنه از سلّولهای روپوست و مجاور انرژی صرف می شود. این امر منجر به باز شدن روزنه می شود، برعکس رها کردن یونهای پتاسیم سبب بسته شدن روزنه ها می گردد. با افزایش یونهای پتاسیم، پتانسیل آب در سلّولهای محافظ کاهش پیدا می کند، و اسمز که نتیجهٔ آن نفوذ آب به درون و ایجاد حالت تورژسانس است رخ می دهد. با از دست دادن یونهای پتاسیم و در نتیجه از دست دادن آب، تورژسانس کاهش یافته و سبب بسته شدن روزنه می شود (شکل ۸-۹). روزنه ها غیرفعّالانه در هنگام کمبود آب بسته خواهند شد امّا شواهدی وجود دارد که هورمون اسید ابسیسیک در برگهایی که با کمبود فشار آب مواجه می شوند تولید می گردد. این هورمون سبب تراوائی غشا و آزاد شدن و پخش یونهای پتاسیم از سلّولهای محافظ می شود که باعث بسته شدن روزنه ها می گردد.



شکل ۷-۹ روزنه‌ها در سطح پایینی برگ آسکله‌پیاس



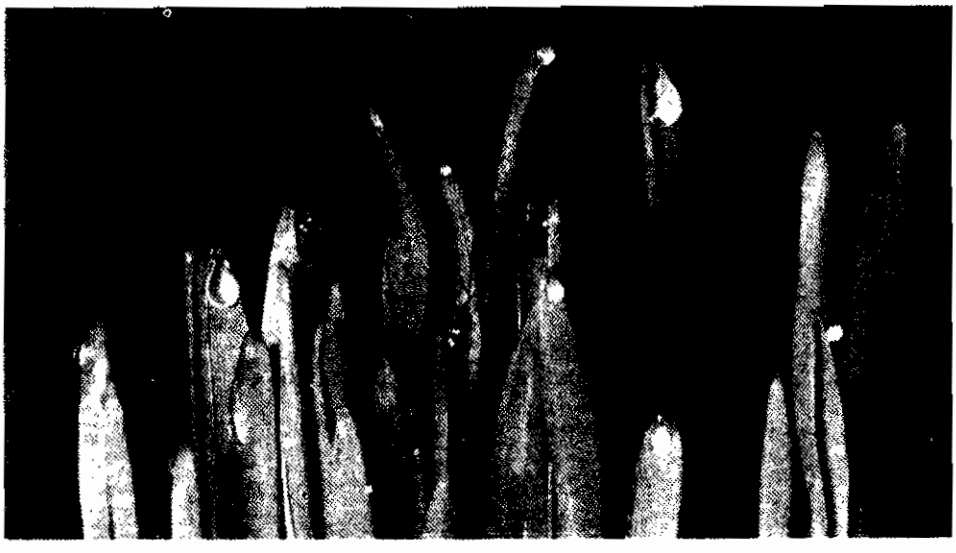
شکل ۸-۹ چگونه روزنه باز و بسته می‌شود: الف ـ یك روزنهٔ بسته. ب ـ هنگامی که فشار تورژسانس در سلولهای محافظ بالا می‌رود. دیواره‌های نازك بیرونی بیش از دیواره‌های کلفت درونی کشیده می‌شوند؛ لذا باعث باز شدن روزنه می‌گردند.

روزنه های بسیاری از گیاهان در طول روز باز و در شب بسته می شوند. امّا در تعدادی از گیاهان بیابانی و کویری روزنه ها در شب که گیاه تحت تنش کمتری نسبت به آب است باز می شوند. چنین گیاهانی شکل خاصّی از فتوسنتز را دارا هستند (به فتوسنتز گیاهان CAM فصل ۱۰ مراجعه شود). چون که دی اکسید کربن مورد نیاز برای فتوسنتز معمولی در ساعات روشن روز به خاطر بسته شدن روزنه ها در اختیارشان قرار نمی گیرد. بعضی از گیاهان بیابانی قادرند که دی اکسید کربن را در شب در موادّ بخصوصی ذخیره کنند و در طول روز هنگامی که فتوسنتز انجام می شود از آن استفاده نمایند. گیاهان بیابانی دیگر، روزنه هایی دارند که در سطحی پایینتر از سطح برگ و یا در حفره های فرو رفته ای قرار دارند. این حفره ها اغلب از مختصری کرك سطحی روپوست پوشیده شده اند و در کاهش بیشتر تبخیر آب مؤثّرند. درختان کاجی که در مناطق سرد زندگی می کنند و در مواقعی از سال خاك یخ می زند و محدودیتهایی برای جذب آب از خاك ایجاد می کند، نیز روزنه های مخفی دارند (به شکل ۹-۷ رجوع شود). تعدادی از گیاهان مناطق گرمسیری و مرطوب مانند گیاه Ruellia sp. (همچنین به شکل ۹-۴ مراجعه شود) روزنه های خود را در سطحی برآمده نسبت به سطح برگ ایجاد می نمایند. در حالی که گیاهانی که عموماً در آب زندگی می کنند هیچ روزنه ای در سطح غوطه ور برگ ندارند.

اگرچه تعرّق تحت تأثیر نور و تراکم دی اکسید کربن است لیکن چند عامل دیگر حدّاقل بطور غیرمستقیم در این امر مؤثّرند. برای مثال روزنه ممکن است به وسیلهٔ شیب آب تنظیم گردد که در اثر جریان هوا رخ می دهد. بدین صورت که هنگام وزیدن هوا ملکولهای آب که از روزنه ها بیرون می آیند با آن برده شده و بدین طریق بر سرعت تبخیر افزوده می شود. رطوبت، اثر معکوس ولی غیرمستقیم در مقدار تعرّق دارد. رطوبت بالا باعث کاهش تعرّق شده و رطوبت کم تعرّق را افزایش می دهد. یک رابطهٔ مستقیم نیز بین دما و سرعت خروج ملکولهای آب از برگ وجود دارد. برای مثال میزان تعرّق در دمای ۳۰ درجهٔ سانتیگراد حدود ۲ برابر میزان تعرّق در دمای ۲۰ درجهٔ سانتیگراد در همان برگ است. تغییرات مختلف سازش برگها و سطح آنها که در فصل ۷ توضیح داده شد و همچنین فراهم بودن آب برای ریشه نیز نقش مؤثّری در میزان تعرّق دارند.

اگر به دنبال روز گرم و مرطوبی شب سردی را داشته باشیم، قطرات آب از ساختمانهایی بنام روزنه های آبی واقع در رأس رگ برگهای بعضی گیاهان تولید می شوند. به این شیوهٔ

دفع آب به صورت مایع **تعریق** گویند (شکل ۹-۹). اگرچه قطرات آب مشابه شبنم هستند ولی بین این دو نبایستی اشتباه شود. تعریق آبی است که به واسطهٔ فشار ریشه ای و با نیرو از گیاه به بیرون رانده می شود در حالی که شبنم آبی است که به واسطهٔ هوا متراکم می شود. هنگامی که خورشید صبح قطرات کوچک را به بخار تبدیل می کند، نمکها و سایر موادّ آلی را برجای می گذارد که یکی از آنها به عنوان طعم دهنده تجاری مورد استفاده قرار می گیرد.(مانند گلوتامات سدیم). در مناطق گرمسیری مقدار آبی که به صورت تعریق تولید می شود می تواند قابل ملاحظه باشد. هر برگ گیاه *Colocasia* sp. که در نواحی گرم و مرطوب می روید و توسّط مردم جزایر پلی نزی برای غذای مخصوصی استفاده می شود، قادر است در یک شب یک فنجان پر از آب ازطریق تعریق تولید نماید.



شکل ۹-۹ قطرات آب که ازطریق تعریق در نوك برگهای یك گیاه جو جوان جمع شده است.

خاکها

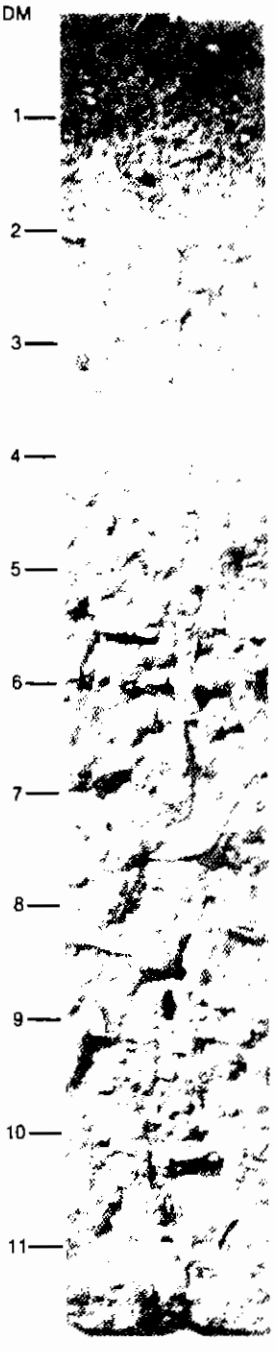
خاك، یک بخش پویا و در حال تغییر و پیچیده ای از قشر زمین است که عمق آن از چند سانتیمتر تا صدها متر در نقاط مختلف می رسد. خاك بطور غیرمستقیم نه تنها برای حیات انسانها، بلکه برای تمامی موجودات زنده ضروری است. خاك

بطور مؤثّری حیات گیاهان را تحت تأثیر قرار داده و همچنین گیاهان نیز به نوبهٔ خود بر خاك اثر می گذارند.

در بسیاری از نقاط آمریکای شمالی اگر شخصی یک بیلچه از خاك شخم شدهٔ حیاط منزلش را برداشته و مطالعه کند احتمالاً در آن اجزای مختلفی خواهد دید که شامل شنها با اندازه های مختلف. سنگهای درشت و ریگها، ذرّات سیلت، رُس، هوموس (مادّهٔ تیره ای که از تجزیهٔ ناقص ترکیبات آلی ساخته شده است) می شود. برگها و اجزای مردهٔ گیاهان، کلوخها، که از به هم پیوستن اجزای خاك به وسیلهٔ رس و موادّ آلی به وجود می آید، ریشه های گیاهان، جانوران کوچک مانند مورچه ها، سوسکها، هزارپایان و کرمهای خاکی همچنین وجود دارند. صدها و هزاران میکروارگانیسم خصوصاً باکتریها نیز وجود دارند که قابل دیدن نیستند و البتّه آب و هوا نیز در خاك وجود دارد.

خاکی که امروزه از تأثیرات متقابل چندین عامل به وجود آمده است عبارت است از آب و هوا، موادّ مادری، پستی و بلندی منطقه، پوشش گیاهی، موجودات زنده و زمان. به دلیل این که عوامل به هزاران طریق بر هم تأثیر می گذارند لذا هزاران نوع خاك مختلف وجود دارد. بخش جامد خاك، ترکیبی از موادّ معدنی و آلی است. منافذ خالی که در بین ذرّات جامد خاك وجود دارند دارای مقادیر مختلفی از هوا و آب هستند. منافذ کوچک معمولاً دارای آب، و منافذ بزرگ دارای هوا هستند. اندازه های منافذ و ارتباط بین آنها بطور مشخّصی کیفیت هوای خاك را تعیین می کنند.

اگر شخصی زمین دست نخورده ای را به عمق یک یا دو متر حفر کند احتمالاً از سه طبقه که دانشمندان خاك شناس آنها را *افق* می نامند تشکیل شده است (شکل ۱۰-۹). افقها مراحل گوناگون تکامل و ترکیبات مختلف خاك را نشان می دهد. لایهٔ فوقانی خاك، بین ۱۰ تا ۲۰ دسیمتر ضخامت دارد. این لایه افق A یا افق سطحی خاك نامیده می شود. این لایه معمولاً به بخش رنگ تیرهٔ بالایی بنام A_1 و بخش روشنتر پایینی بنام A_2 تقسیم می شود. بخش A_1 دارای موادّ آلی بیشتری نسبت به لایهٔ پایینی آن است. عمق ۰٫۳ تا ۰٫۶ متری بعدی را افق B یا خاك زیرین گویند. این لایه معمولاً دارای رُس بیشتری است و همچنین رنگ روشنتری نسبت به لایهٔ سطحی خاك دارد. افق C در کف خاك به ضخامتهای مختلفی از حدود ۱۰ سانتیمتر تا چند متر وجود دارد و گاهی هم ممکن است وجود نداشته باشد. افق C را معمولاً خاك موادّ مادری گویند و تا سنگ بستر ادامه دارد.



شکل ۱۰-۹ طبقات خاك که از منطقه‌ای در میامی تصویر شده است.

موادّ مادری

اوّلین مرحله از تکامل خاك، تشکیل موادّ مادری است. این مواد در نتیجهٔ تأثیرات آب و هوایی از سنگهای آتش فشانی (آذرین) و سنگهایی که توسّط یخچالها رها شده و در نتیجه عوامل آب و با د و دما و فشار انباشته می شوند.

آب و هوا

آب و هوا در کره زمین بسیار متغیّر و متفاوت بوده و به همین نسبت نقش آن در هوازدگی سنگها متفاوت است. برای مثال در مناطق بیابانی، هوازدگی ناچیزی توسّط باران صورت می گیرد و خاکها ازنظر تکاملی، ابتدایی محسوب می شوند. ولی در مناطق پر باران خاکها معمولاً تکامل بالایی دارند. در مناطقی که دامنهٔ تغییرات دما گسترده است سنگها خُرد می شوند و یا ترك برداشته و شکسته می شوند زیرا سطوح خارجی آنها که از موادّ مختلف تشکیل شده انقباض و انبساط می یابد. دماهای پایین باعث می شوند که آب درون شکافهای سنگها یخ بزند و این امر باعث ترکیدگی و خرد شدن سنگها می شود.

موجودات زنده و ترکیبات آلی

بسیاری از انواع فراوان موجودات زنده و به علاوه ریشه ها و قسمتهای دیگر گیاهان در خاك وجود دارند. در یک خاك زراعی خوب تا ۳۰ سانتیمتر فوقانی خاك، موجودات زنده حدود یک هزارم وزن کل خاك را تشکیل می دهند. این رقم شاید قابل ملاحظه به نظر نرسد امّا معادل ۶٫۷۳ تن متریک در هر هکتار است. باکتریها و قارچهای خاك هرگونه مادّهٔ آلی را که در اثر افتادن برگها و ریشه ها و مردن موجودات ایجاد می شود تجزیه می کنند (این پدیده، بیشتر در بحث کمپوست سازی فصل ۱۶ آمده است). ریشه ها و همهٔ موجودات زنده، دی اکسید کربن تولید می کنند که با آب ترکیب شده و تشکیل اسید می دهد که باعث حلّالیت موادّ معدنی می شود. مورچه ها، حشرات دیگر، کرمهای خاکی، جانوران حفّار، و پرندگان همه خاك را شخم زده و سبب افزودن موادّ آلی خاك چه به صورت ضایعات و چه ازطریق تجزیهٔ اجسادشان پس از مرگ می شوند.

مقدار کلّ ترکیبات آلی خاك متنوّع است. یک لایهٔ سطحی خاك متوسّط حدود ۲۵ درصد

هوا، ۲۵ درصد آب، ۴۸ درصد موادّ معدنی و ۲ درصد موادّ آلی دارد. خاکهای مناطق پست و مرطوب جایی که فقدان اکسیژن از فعّالیت طبیعی میکروارگانیسمها جلوگیری می کند از ۹۰ درصد موادّ آلی تشکیل شده اند. بجز حبوبات و تعدادی دیگر از گیاهان تقریباً بیشتر ازت مورد استفادهٔ گیاهان و همچنین بیشتر فسفر و گوگرد از تجزیهٔ موادّ آلی حاصل می شوند. به علاوه هنگامی که موادّ آلی تجزیه می شوند، اسیدهایی تولید می کنند که سبب تجزیهٔ موادّ معدنی می گردند. نقشهای دیگر موادّ آلی در خاك، در بخش ساختار خاك مورد بحث قرار گرفته است.

پستی و بلندی منطقه

هر گاه پستی و بلندی (ویژگیهای سطحی) یک منطقه به صورت یک شیب باشد، خاك بلافاصله بعد از هوازدگی و جدا شدن از موادّ مادری در اثر آب، باد، و یخ شسته شده و فرسایش می یابد. برآورد شده است که سالانه بیش از ۲۰ تن متریک خاك سطحی در هر هکتار در بعضی از مزارع بزرگ آمریکای مرکزی شسته می شود. در یک زمین هموار که نشست بخوبی انجام نمی گیرد، بعد از بارندگی گودالها و برکه های آب کم عمق پدیدار می شود. اگر بخشهای آبگیر نسبةً بسرعت زه کشی نشوند باعث قطع فعّالیت میکروارگانیسمهای خاك شده و در نتیجه مانع تکامل خاك می شود. یک وضعیت مناسب و مطلوب برای تکامل یافتن خاك آن است که نشست صورت بگیرد و فرسایش حاصل نشود.

بافت خاك و ترکیبات معدنی

بافت خاك، به اندازه و تقسیمات اجزای خاك مربوط می شود (به جدول ۱-۹ رجوع شود). بافت عمدهٔ خاك، ممکن است شن، سیلت و یا رُس، باشد. شنها و ریگها معمولاً از اجزای بسیار ریزی تشکیل شده اند که به وسیلهٔ پیوند شیمیایی و یا یک مادّهٔ چسبناك زمینه ای به هم متّصل می شوند. سیلت از ذرّات کوچکی تشکیل شده که بدون عدسی یا میکروسکپ دیده نمی شوند. ذرّات رُس بسیار ریز هستند بطوری که حتّی با میکروسکپهای نوری قوی نیز دیده نمی شوند ولی آنها را می توان با میکروسکپ الکترونی مشاهده کرد. ذرّات کوچک رُس را میسل نیز نامند. میسلها تا اندازه ای دارای بار منفی و صفحه ای هستند که با پیوند شیمیایی در کنار هم نگاهداشته شده اند. آنها بارهای مثبت را جذب، مبادله و یا نگاه می دارند. رُس در طبیعت دارای انعطاف است. آبی که بسختی به سطح ذرّات رُس می چسبد به عنوان

روان کننده و پیونددهنده عمل می کند. ازنظر فیزیکی رُس یک کلوئید است (یعنی سوسپانسیونی که از ذرّات درشت تر از ملکول تشکیل شده ولی ته نشین نمی شود).

جدول ۱-۹ اندازهٔ اجزای خاك که توسّط سازمان کشاورزی ایالات متّحدهٔ آمریکا مشخّص شده است

اجزا	قطر (اندازه به میلیمتر)	توضیح
سنگها	بیشتر از ۷۶	در رشد گیاه تأثیری ندارند، ولی در نشست آب و هوازدگی خاك مؤثّرند
سنگریزه	۲ تا ۷۶	
شنهای خیلی درشت	۱ تا ۲	
شنهای درشت	۰٫۵ تا ۱	
شنهای متوسّط	۰٫۲۵ تا ۰٫۵	باعث چسبندگی خاك می شوند
شنهای نرم	۰٫۱ تا ۰٫۲۵	
شنهای بسیار نرم	۰٫۰۵ تا ۰٫۱	
سیلت	۰٫۰۰۲ تا ۰٫۰۵	به کمک یک عدسی بایستی ذرّات را دید
رُس	کمتر از ۰٫۰۰۲	در اثر جذب آب متورّم می شود، و در نتیجهٔ از دست دادن آب چروکیده شده و ترك ایجاد می کند

خاك سبک، شن زیاد و رُس کم دارد. خاك سنگین، مقدار زیادی رُس دارد. خاکهایی با بافت درشت نمی توانند مقدار زیادی آب را نگه دارند در حالی خاکهای رُسی به مقدار کمی آب اجازه عبور می دهند.

بیش از نیمی از وزن موادّ معدنی را اکسیژن تشکیل می دهد. دیگر عناصر موجود، هیدرژن، سیلیس، آلومینیوم، آهن، پتاسیم، کلسیم، منیزیوم و سدیم، هستند. امّا خاك صدها ترکیب معدنی مختلف دیگر را از موادّ مادری دریافت می کند.

بیشتر موادّ غذایی گیاهان به صورت یونها در رُس و موادّ آلی انباشته می شود ولی نه در شن و سیلت. زیرا که رُس و ذرّات آلی به علّت کوچکی ذرّات دارای سطح کلّ بیشتری در واحد حجم نسبت به شن و سیلت می باشند و لذا یونهای بیشتری می توانند به آنها متّصل شوند.

ساختار خاك

ساختمان خاك، به آرایش ذرّات خاك نسبت به هم که خاکدانه نامیده می شود مربوط است. خاکدانه های شن و ریگ، پیوستگی کمی نشان می دهند؛ امّا بیشتر خاکهای زراعی، خاکدانه های به هم پیوسته ای دارند. ساختمان خاك هنگامی که ذرّات کلوئیدی بدواً در نتیجهٔ فعّالیتهای موجودات خاك در کنار هم تجمّع کردند و پس از یخ زدن و ذوب شدن یخ تکامل می یابند. اگر دانه های خاك به وسیلهٔ موادّ آلی پوشیده نشوند آنها به انباشته شدن ادامه می دهند تا این که کلوخ شوند.

خاکهای مرغوب کشاورزی، خاکدانه هایی هستند که با منافذ خالی ۴۰ تا ۶۰ درصد کلّ حجم خاك را تشکیل می دهند. منافذ خاك دارای هوا و آب بوده و اندازهٔ منافذ نسبت به حجم آنها بسیار مهمتر می باشد. برای مثال، خاکهای رُسی نسبت به خاکهای شنی، دارای منافذ زیادی هستند؛ امّا این منافذ به قدری کوچکند که حرکت آب و هوا بسختی در آنها صورت می گیرد. هنگامی که منافذ از آب پر می شود هوا خارج شده و لذا سبب کمبود اکسیژن برای رشد ریشه می شود. در عوض، خاکهای شنی دارای منافذ بزرگی هستند که به واسطهٔ قوّهٔ ثقل زود خالی از آب می شوند. هنگامی که منافذ به سیلهٔ هوا پر می شوند سبب آزاد شدن سریع ازت توسّط میکروارگانیسمها می شوند. گیاهان قادر به جذب و استفاده از ازت به همان سرعت نبوده و در نهایت بیشتر از ازت بلااستفاده مانده و از دست می رود.

آب، می تواند مضر هم باشد زیرا مقدار بیش از حدّ آن باعث شستن عناصر معدنی شده و تحت شرایط بی هوازی (در غیاب اکسیژن آزاد) عمل معدنی شدن را کند می کند و همچنین آزادسازی ازت کند شده و لذا در رشد گیاه دخالت می نماید. در شرایط پر آبی، تجزیهٔ نیتراتها سرعت پیدا می کند بطوری که در مدّت کمتر از نیم ساعت ممکن است همهٔ نیتراتهای موجود در خاك از دست برود. تعداد بی شماری از علاقه مندان به گل و گیاه زینتی خیلی از گیاهان مورد علاقهٔ خود را در اثر آبیاری زیاد غرق کرده و از بین برده اند و یا رشد آنها را مختل نموده اند. معمولاً تا وقتی که سطح خاك خشک نشده بایستی از آبیاری ممانعت کرد.

آب داخل خاك

آب در خاك به سه صورت وجود دارد. آب هیگروسکوپیک آبی است که بطور فیزیکی

با ذرّات خاك پیوند خورده است و برای گیاهان قابل دسترسی نیست. آب ثقلی بعد از بارندگی از روزنه های خاك نشت می کند. اگر نشت ضعیف باشد این آب می تواند در رشد طبیعی گیاه دخالت کند. گیاهان معمولاً به نوع سوم یعنی آب مویینه وابسته اند، و این آبی است که برخلاف نیروی ثقل زمین نگاهداری می شود. ساختار و مادّهٔ آلی خاك که به خاك اجازه می دهند آب را برخلاف نیروی ثقل زمین نگاهداری نمایند، تراکم و نوع پوشش گیاهی، و همچنین محلّ سفره های آب زیرزمینی، مقدار آب مویینه قابل دسترسی گیاه را تعیین می کنند.

بومیان قبیلهٔ اینکا در پرو می دانستند که میزان آب در خاك بعضی مناطق تا چه حدّی بالا ست. جایی که سفرهٔ آب نزدیک سطح بود آنها با کندن ۰٫۶ متر از خاك گودالی حفر کرده و گیاهان را می کاشتند طوری که بتوانند از آب مویینه استفاده کنند. در بعضی مناطق که خاك شنی است و بارندگی کم است خاکها را می توان توسّط یک غلتک فشرده کرد و بدین طریق ایجاد شبکهٔ مویینی را نمود که آب بتواند به بالا کشیده شود. این شیوه در صورتی مفید است که آب در ۰٫۳ تا ۱٫۵ متری از سطح واقع شده و رُس یا سیلت زیادی نداشته باشد.

پس از بارندگی یا آبیاری، آب به واسطهٔ قوّهٔ ثقل زمین نشت می کند. مقدار آبی که بعد از نشت در خاك باقی می ماند ظرفیت زراعی خاك نامیده می شود. ظرفیت زراعی عمدةً توسّط بافت خاك تعیین می شود امّا ساختار خاك و موادّ آلی نیز تا حدودی آن را تحت تأثیر قرار می دهند. گیاهان آب را هنگامی که در ظرفیت زراعی یا نزدیک به آن است براحتی جذب می نمایند. ولی هنگامی که خشک می شود لایهٔ آب اطراف هر ذرّه خاك نازکتر شد و به ذرّات خاك محکمتر می چسبد بنابراین آب کمتری در دسترس ریشه ها قرار می گیرد. اگر آب به خاك اضافه نشود سرانجام به حدّی می رسد که دیگر مقدار آب جذب شده برای نیاز گیاه کافی نیست و گیاه بطور دایمی پژمرده می شود. به این حالت حدّ پژمردگی دایمی خاك گویند. در خاکهای رُسی وقتی حدّ پژمردگی دایمی فرا می رسد که مقدار آب به ۱۵ درصد برسد، در حالی که برای خاکهای شنی این مقدار ۴ درصد است. آب قابل دسترسی آبی است که بین ظرفیت زراعی خاك و حدّ پژمردگی دایمی قرار داشته باشد.

pH خاك (اسیدی یا قلیایی) به طرق مختلف برخاك و گیاهانی که در آن می رویند اثر می گذارد خاکی که به مقدار غیرعادی اسیدی یا قلیایی می شود برای ریشه های گیاهان

سمّی است. امّا این شرایط به اندازه ای که بر جذب عناصر غذایی اثر دارد مستقیماً بر رشد گیاهان تأثیر نمی گذارد. برای مثال افزایش خاصیت قلیایی قدرت دسترسی گیاه را به عناصری مانند آهن، مس و منگنز، کم می کند. در حالی که با افزایش خاصیت اسیدی خاك فعّالیت باکتریهای تثبیت کنندهٔ ازت کاهش می یابد. در مناطقی که بارندگی زیاد است موادّ قلیایی از سطح خاك شسته شده و خاکها اسیدی می شوند. یک عمل معمول در زراعت، این است که با افزودن ترکیبات کلسیم و منیزیم خاك را آهکی نموده و خاصیت اسیدیته آن را خنثی می نمایند. خاکهای قلیایی را می توان با افزودن گوگرد به خاك که توسّط باکتریها به اسید سولفوریک تبدیل می شود *اسیدی* نمود. افزودن بعضی تلقیح کننده های ازت دار ممکن است همان اثر را داشته باشد.

موادّ معدنی مورد نیاز گیاه

پدیدهٔ رشد، تنها توسّط عوامل درونی کنترل نمی شود. نور، دما، ساختمان خاك، موادّ معدنی و دیگر عوامل خارجی، همه در رشد گیاه نقش دارند. در حقیقت، رشد به مجموعه ای پیچیده و مرتبط از نیروهای فیزیکی و شیمیایی درونی و بیرونی که به میزان بسیار دقیقی با هم در تعادلند وابسته است.

گیاهان، بسیاری از عناصر را از خاك به دست می آورند. در کنار کربن و اکسیژن حاصل از دی اکسید کربن و هیدرژن که از آب به دست می آید، تنها ۱۵ عنصر برای مصالح ساختمانی بسیاری از ترکیبات که توسّط گیاه ساخته می شود ضروری می باشد. عناصر ضروری را می توان در یک عبارت که شامل علائم مربوط به عناصر است براحتی به خاطر آورد (شکل ۱۱-۹).

C. H O P K'N S CaFe; Mighty good (but) Not always Clean. CuM'n CoZ'n MoB(y)?

کربن هیدرژن اکسیژن فسفر پتاسیم ازت گوگرد کلسیم آهن منیزیم سدیم کلر مس منگنز کبالت روی مولیبدن بر

C H O P K N S Ca Fe Mg Na Cl Cu Mn Co Zn Mo B

شکل ۱۱-۹ عناصری که به‌عنوان مصالح ساختمانی در ترکیبات پیکرهٔ گیاه، مهم هستند.

عناصر غذایی ماکرو (پرمصرف) و میکرو (کم‌مصرف)

عناصر معدنی را معمولاً در دو گروه قرار می دهند : (۱) عناصر غذایی ماکرو که به میزان زیادی مورد مصرف گیاهان بوده و ۰٫۵ تا ۳ درصد وزن خشک گیاه را تشکیل می دهند؛ (۲) عناصر غذایی میکرو که به مقدار ناچیزی مورد نیاز گیاهان بوده و غالباً تنها چند قسمت در میلیون قسمت (ppm) وزن خشک گیاه را تشکیل می دهند.

عناصر ماکرو یا پرمصرف شامل ازت، پتاسیم، کلسیم، فسفر، منیزیم و گوگرد هستند که چهارتای اوّل، معمولاً در حدود ۹۹ درصد کلّ عناصر غذایی را تشکیل می دهند. بقیّهٔ عناصر یعنی میکرو در مقادیر بسیار کمی برای بعضی از گیاهان ضروری می باشند. برای مثال تا مقدار ۱۵۰۰ ppm برای آهن و منگنز، و تا ۱۰۰۰۰ ppm برای کُلر. علاوه براین، بعضی از گیاهان به عناصر دیگری نیاز دارند. برای نمونه بعضی از جلبکها به وانادیوم و سیلیسیوم و یا یُد نیاز دارند؛ در حالی که بعضی از سرخسها، آلومینیوم مصرف می کنند. چند نوع گِوَن ظاهراً سلنیوم را تا مقدار ۵ میکروگرم به ازای هر گرم وزن خشک جذب و ذخیره می کنند. سلنیوم که برای چهارپایان مضر و سمّی است به علّت کاهش دادن اثرات سمّی فسفاتها، باعث افزایش رشد این گیاهان می شود. ولی هیچ مدرك آشکاری برای ضروری بودن آن در دست نمی باشد.

هر وقت که هریک از این عناصر در خاك کاهش یابد گیاه علائم ویژه ای از کمبود را ظاهر می کند (شکل ۱۲-۹). جدول ۲-۹ بعضی از موارد استفادهٔ عناصر ضروری را در گیاه نشان داده و علائم کمبود هر عنصر را توضیح می دهد.

برای اطّلاعات بیشتر در مورد نسبتهای ازت، فسفر، و پتاسیم (NPK) مورد نیاز گیاهان و تفاوت تلقیح کننده های آلی و معدنی، به پیوست ۴ مراجعه کنید. همچنین برای بحث در مورد کمپوست و کمپوست سازی، به فصل ۱۶ مراجعه شود.

شکل ۱۲-۹ لوبیای سبز درمحلولهایی که کمبود دارند کاشته شده تا علائم کمبود نشان داده شود؛ الف ـ یك گیاه عادی که همهٔ عناصر مورد لزوم در اختیارش گذاشته شده است. دیگر گیاهان در محلولهایی رشد داده شده‌اند که از لحاظ عنصر ویژه‌ای کمبود دارند. بدین‌صورت: ب ـ کلسیم. پ ـ منیزیم. ت ـ آهن. ث ـ فسفر. ج ـ گوگرد. چ ـ ازت. ح ـ عناصر کم‌مقدار. خ ـ پتاسیم.

جدول ۲-۹ مورد استفادهٔ عناصر مهم در گیاه

عنصر	برخی از اعمال آنها	علائم کمبود
ازت	بخشی از پروتئینها، اسیدهای هسته ای و کلروفیل	از دست رفتن رنگ برگها بطور یکنواخت، ابتدا در برگهای بالغ رخ می دهد.
پتاسیم	فعّال کنندهٔ آنزیمها ـ در مریستمها متراکم می شود	زرد شدن برگها از حاشیه به وسط. برگهای پایین در نوك قهوه ای شده و لکّه دار می شوند
کلسیم	بخش اصلی تیغهٔ میانی سلّول. در عبور مواد ازطریق غشا دخالت دارد	جوانهٔ انتهایی غالباً می میرد. برگهای جوان در نوك حلقه می شوند. حواشی برگها پژمرده شده، ریشه ها می میرند.
فسفر	لازمهٔ تنفّس و تقسیم سلّول، موجود در ملکولهای با سطح انرژی بالا در سلّول	گیاهان کوتاه می شوند. برگها از حالت معمول تیره تر. بین رگ برگهای برگهای پایین رنگ ارغوانی.
منیزیوم	بخشی از ملکول کلروفیل، فعّال کنندهٔ آنزیمها	رگ برگها سبز ولی بین آنها زرد می شود. لکّه های مرده گاه ناگهانی ظاهر می شوند. حواشی برگها پیچیدگی ایجاد می نماید.
گوگرد	بخشی از بعضی اسیدها آمینه	برگها سبز کم رنگ با لکّه های مرده. رگ برگها از بقیّهٔ برگ کم رنگ تر می شوند.
آهن	برای تولید کلروفیل و همچنین تنفّس، مورد نیاز است	رگ برگهای بزرگ سبز باقی مانده در حالی که بقیّهٔ برگ زرد می شود. برگهای جوان بیشتر تحت تأثیر هستند.
منگنز	فعّال کنندهٔ بعضی از آنزیمها	لکّه های مرده در سطح برگها پراکنده شده. همهٔ رگ برگها کوچک و بزرگ سبز باقی می مانند. این تأثیرات منحصر به برگهای جوان است.
بُرُن	در جذب یونهای کلسیم مؤثّر است. فعّالیت آن ناشناخته می باشد.	دم برگها و ساقه ها شکننده شده. برگهای جوان از پایه می شکنند.

خلاصه

۱. ملکولها و یونها دارای حرکات تصادفی ثابتی هستند و تمایل دارند در تمام فضایی که در اختیار دارند توزیع شوند. در این عمل ملکولها از طریق انتشار ساده و طیّ یک شیب انتشار، از منطقه ای با تراکم زیاد به منطقه ای با تراکم کم حرکت می کنند. اگرچه آنها برخلاف شیب انتشار نیز می توانند حرکت کنند. نهایةً گفته می شود که ملکولهای پخش شده در حال تعادل هستند. میزان انتشار به وسیلهٔ درجهٔ حرارت، اندازهٔ ملکولها، تراکم ملکولها و عوامل دیگر از قبیل باد و جریان هوا، تحت تأثیر قرار می گیرد.

۲. اسمز عمل انتشار آب از میان غشای نیمه تراوا می باشد. اسمز در نتیجهٔ اختلاف غلظت موادّ محلول اتّفاق می افتد.

۳. فشار یا پتانسیل اسمزی، فشاری است که برای جلوگیری از انجام اسمز لازم است. فشاری که در سلّول در نتیجهٔ ورود آب ایجاد می شود، فشار تورژسانس نام دارد. آب از منطقه ای با پتانسیل آب بالا (ترکیب پتانسیل اسمزی و پتانسیل فشار) به منطقه ای با پتانسیل آب پایین هنگام انجام اسمز حرکت می کند. اُسمز اوّلین وسیله ای است که گیاهان به وسیلهٔ آن، آب را از محیط اطرافشان به دست می آورند.

۴. چروکیدگی و جدایی پروتوپلاسم از دیوارهٔ سلّول، در نتیجهٔ اسمز هنگامی روی می دهد که پتانسیل آب داخل سلّول، بیشتر از پتانسیل آب خارج باشد، این عمل پلاسمولیز نام دارد.

۵. آب نوشی، جذب و اتّصال ملکولهای آب به سطوح درونی موادّ است. حاصل این امر *آماس* می باشد و این اوّلین مرحله در رویش دانه محسوب می شود.

۶. انتقال فعّال عبارت است از مصرف انرژی توسّط یک سلّول، که در نتیجه آن، ملکولها یا یونها در جهت خلاف شیب انتشار، از یک سلّول وارد یا خارج می شوند.

۷. بیشتر آبی که وارد یک گیاه می شود، طول گیاه را طی نموده و ازطریق روزنه ها و مسیر عمل تعرّق، به درون اتمسفر تبخیر می شود. آب دریافت شده توسّط گیاه در فتوسنتز و دیگر فعّالیتهای متابولیسمی سلّول مورد استفاده قرار می گیرد.

۸. براساس فرضیّهٔ کشش ـ پیوستگی، آب در گیاه به علّت مجموعه ای از عوامل شامل اتّصال ملکولهای آب به دیواره های عناصر مویینه هادی چوب و اتّصال و پیوستگی ملکولهای آب به یکدیگر، و کشش در ستون آب توسّط پدیدهٔ تعرّق، صعود می کند.

۹. آب در انتقال مواد غذایی محلول، نقش داشته و برطبق فرضیهٔ فشار ـ جریان مواد تحت اثر شیب غلظت بین منبع و مقصد، جریان می یابد.

۱۰. تعرّق توسّط سطح رطوبت و روزنه ها که در اثر تغییرات فشار تورژسانس سلّولهای محافظ باز و بسته می شوند، تنظیم می گردد. این تغییرات که با یونهای پتاسیم انجام می شود در نتیجهٔ فشار اسمز و انتقال فعّال بین سلّولهای محافظ و سلّولهای روپوست اطراف حاصل می شود.

۱۱. گیاهان مناطق آبی، بیابانی، گرمسیر و بعضی گیاهان مناطق سردسیر تغییراتی در روزنه ها و یا شکل بخصوصی از فتوسنتز را دارا می باشند که آنها را با محیط اختصاصی خود سازگار می کند.

۱۲. تعریق، از دست دادن آب به صورت مایع است که با نیرویی تحت اثر فشار ریشه ای از ساختمانهایی بنام هیداتود یا روزنه های آبی در انتهای رگ برگها به خارج راه می یابد.

۱۳. خاك دارای اجزای مختلفی است که عبارتند از شن، سنگ، سیلت، رس، هوموس، موادّ آلی مرده، ریشه های گیاهان، میکروارگانیسمها و جانوران کوچک به اضافهٔ هوا و آب که درون فضاهای منافذ مختلف وجود دارد.

۱۴. ستون عمودی خاك دارای مناطق طبقه بندی شده ای بنام افق می باشد. این طبقات، مراحل گوناگون تکامل خاك را نشان می دهند. افق A (خاك سطحی) به دو لایه تقسیم می شود؛ افق بالایی A_1 تیره تر بوده و دارای موادّ آلی بیشتری از افق پایینی A_2 است. افق B (خاك زیرین) معمولاً دارای رُس بوده و روشنتر از افق A می باشد. افق C (منطقهٔ کف) به عنوان خاك موادّ مادری نامیده می شود. موادّ مادری در طیّ هوازدگی سنگها تشکیل می شوند. وسعت هوازدگی، نسبت به اقلیمهای مختلف متفاوت است.

۱۵. موجودات زنده در خاك، موادّ آلی را تجزیه کرده، تولید دی اکسید کربن می نمایند که با آب ترکیب شده و تشکیل اسید می دهد که میزان انحلال مواد را افزایش داده و خود نیز تجزیه می شوند. مقدار کل موادّ آلی در خاك می تواند بسیار متغیّر باشد. بیشتر موادّ غذایی مهم برای گیاهان از تجزیهٔ موادّ آلی به دست می آید. پستی و بلندی منطقه سبب می شود که خاك بلافاصله بعد از تشکیل فرسایش یابد یا از تشکیل خاك جلوگیری شود.

۱۶. بافت خاك، به اندازه های ذرّات خاك بستگی دارد. ذرّات سیلت بسیار کوچک بوده و بدون درشت نمایی دیده نمی شوند و ذرّات رُس (میسل) تنها به کمک میکروسکپ قابل دیدن

هستند. بیش از نیمی از وزن موادّ معدنی، از اکسیژن تشکیل شده است.

۱۷. ساختار خاك، مربوط به آرایش ذرّات خاك به صورت خاکدانه است. خاکهای مرغوب شدیداً دانه ای بوده و منافذی دارند که نیمی از حجم کلّ آنها را شامل می شوند. اندازهٔ منافذ، در هواگیری و نگاهداری رطوبت نسبت به تعداد آنها اهمّیت بیشتری دارد.

۱۸. آب خاك اگر به صورت هیگروسکوپیک باشد کاملاً بطور فیزیکی متّصل به ذرّات خاك می باشد و لذا دور از دسترس گیاه است. آب ثقلی که از منافذ به پایین نشت می کند. آب مویینه ای یا کاپیلاری، آبی است که در مقابل نیروی ثقل نگاهداری می شود.

۱۹. ظرفیت زراعی خاك، مقدار آبی است که بعد از نشت توسّط ثقل باقی می ماند. هنگامی که گیاهان نتوانند از خاك آب مورد نیاز خود را دریافت کنند برای همیشه پژمرده می شوند و خاك به پژمردگی دایمی می رسد. آب قابل دسترسی، آبی است که بین ظرفیت زراعی و پژمردگی دایمی قرار دارد.

۲۰. پدیدهٔ رشد به وسیلهٔ عوامل داخلی و خارجی و تعادل نیروهای فیزیکی و شیمیایی کنترل می شود. در کنار کربن، هیدرژن و اکسیژن ۱۵ عنصر دیگر که از خاك جذب می شوند برای اکثر گیاهان ضروری هستند. هنگامی که یک عنصر ضروری در گیاه کاهش یابد علائم کمبود ویژه ای نمایان می گردد.

پرسشهای یادآوری

۱. اختلاف بین انتشار، اسمز، انتقال فعّال، پلاسمولیز، و آماس چیست؟

۲. چرا گیاهان برای فعّالیتهای حیاتی خود، به مقادیر زیادی آب نیاز دارند؟

۳. توضیح دهید که چگونه یک درخت مرتفع آب را بدون پمپهای مکانیکی تا نوك خود بالا می برد؟

۴. اختلاف بین تعرّق و تعریق چیست؟

۵. فرضیّهٔ فشار ـ جریان را توضیح دهید.

۶. موادّ مادری خاك چیست؟ منشأ این مواد چیست و خاك چگونه از آنها تشکیل می شود؟

۷. فرق بین بافت خاك و ساختار آن چیست؟

۸. خاك بر چند نوع است؟ آب قابل دسترس گیاه، چه نوع آبی است؟

۹. موادّ غذایی ماکرو چیست؟ آنها را نام ببرید.

۱۰. هرگاه موادّ غذایی در خاك کاهش یابد، چگونه کمبودها ظاهر می شوند؟

پرسشهای تشریحی

۱. چرا گوشت نمک زده، کمتر از گوشت نمک نزده، تحت تأثیر فساد قرار می گیرد؟

۲. چرا ملکولهای رنگ در یک وان آب برای انتشار کامل در سراسر وان به وقت زیادی نیاز دارند ولی ملکولهای عطر در زمان بسیار کوتاهتری در یک اتاق بسته پراکنده می شوند؟

۳. چرا اسمز در گیاهان غوطه ور باعث متورّم شدن و ترکیدن آنها نمی شود؟

۴. بعضی آبها مانند آب دریای مرده[۱] بطور قابل ملاحظه ای نسبت به بدن انسان دارای غلظت نمک بیشتری است. اگر شما در چنین آبی شنا کنید آیا فکر می کنید سلّولهای بدن شما پلاسمولیزه شوند؟ چرا؟

۵. اشخاصی که با مراکز پرورش گل و گلخانه های تجاری سر و کار دارند خاك را به وسیلهٔ حرارت دهی برای دفع آفات سترون می کنند؛ ولی بعد از آن، برای زمان کوتاهی بایستی منتظر سرد شدن آن بشوند تا آن را مصرف کنند، چرا؟

منابع اضافی

Baker, D. A. 1990. *Transport of photoassimilates.* New York: Halsted Press.

Devlin, R. M., and F. Witham. 1983. *Plant physiology,* 4th ed. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Co., Inc.

Donahue, R. L., et al. 1983. *Our soils and their management,* 5th ed. Danville, IL: Interstate Printers & Publishers, Inc.

Donahue, R., and J. Miller. 1983. *Soils: an introduction to soils and plant growth,* 5th ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.

Galston, A. W., P. J. Davies, and R. L. Satter. 1980. *The life of the green plant,* 3d ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.

Janick, J., et al. 1981. *Plant science,* 3d ed. New York: W. H. Freeman & Co.

Kluge, M., and I. P. Ting. 1978. *Crassulacean acid*

۱- دریای مرده، ترجمهٔ DEAD SEA می باشد که در اصل کتاب آمده است.

metabolism. Ecological studies, Vol. 30. New York: Springer-Verlag.

Kramer, P. 1983. *Water relations of plants*. San Diego, CA: Academic Press.

Loughman, B. C., et al. 1989. *Structural and functional aspects of transport in roots*. Norwell, MA: Kluwer Academic Publications.

Luettge, U., and N. Higinbotham. 1979. *Transport in plants*. New York: Springer-Verlag.

Rutter, A. J. 1972. *Transpiration*. Oxford Biology Readers, No. 24. Burlington, NC: Carolina Biological Supply Co.

Salisbury, F. B., and C. W. Ross. 1985. *Plant physiology*, 3d ed. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Co., Inc.

Singer, M. J. 1986. *Soils*. New York: Macmillan Publishing Co.

Zimmerman, M. H., and J. A. Milburn, eds. 1976. *Transport in plants: phloem transport*. New York: Springer-Verlag.

فصل دهم ـ متابولیسمِ در گیاهان

رؤوس مطالب

برخی اهداف فراگیری
نظر اجمالی
مقدّمه
فتوسنتز
۱- اساس فتوسنتز
دی‌اکسید کربن
آب
نور
کلروفیل
۲- مقدّمه‌ای بر مراحل اصلی فتوسنتز
واکنشهای نوری
واکنشهای تاریکی
۳- بررسی دقیقتر فتوسنتز
بررسی مجدّد واکنشهای نوری
فتوسیستمها
فسفوریلاسیون نوری
کمواسمز
بررسی مجدّد واکنشهای تاریکی
چرخهٔ کلوین
مسیر ۴- کربنی
فتوسنتز CAM
تنفّس
۱- اساس تنفّس
۲- مقدّمه‌ای بر مراحل اصلی تنفّس
گلیکولیز
تنفّس هوازی
چرخهٔ کربس
زنجیرهٔ انتقال الکترون
تنفّس بی‌هوازی و تخمیر
عوامل مؤثّر بر میزان تنفّس
دما
آب
اکسیژن
۳- بررسی دقیقتر تنفّس
بررسی مجدّد گلیکولیز
بررسی مجدّد چرخهٔ کربس
زنجیرهٔ انتقال الکترون
و فسفوریلاسیون اکسیداتیو
جذب و گوارش
خلاصه
پرسشهای یادآوری
پرسشهای تشریحی
منابع اضافی

گل نر گیاه ای ای بالارونده (Freycinetia arborea) بومی جزایر هاوایی

فصل دهم

متابولیسم در گیاهان

برخی اهداف فراگیری

۱ - مقایسهٔ معادله های کلّی فتوسنتز و تنفّس

۲- تفهیم آنچه که در واکنشهای نوری و تاریکی فتوسنتز رخ می دهد و همچنین شناخت محصولات اصلی این واکنشها.

۳- توضیح آنچه که در گلیکولیز، چرخهٔ کربن، و زنجیرهٔ انتقال الکترون در تنفّس روی می دهد.

۴- تشخیص بین تنفّس هوازی و تخمیر.

۵- مقایسهٔ جذب و گوارش

نظر اجمالی

فتوسنتز و تنفّس، هرکدام در سه سطح گوناگون ارائه می شوند. اساس این پدیده ها بررسی، و پس از معرّفی خلاصهٔ اصلی آنها، فرایندها با جزئیات بیشتر مطرح می گردند. برای بعضی از خوانندگان ممکن است یک سطح یا دو سطح کافی باشد، در حالی که برخی هر سه سطح را خواهانند. در این فصل، اهمّیت ویژگیهای اصلی هر سری واکنش توضیح داده شده و واکنشهای نوری، واکنشهای تاریکی، گلیکولیز، چرخهٔ کربن، و سیستم انتقال الکترون

بطور مختصر بیان می شود. این فصل در نهایت با مقایسه ای بین فتوسنتز و تنفّس خاتمه می یابد و مختصراً مشاهداتی در مورد جذب و گوارش انجام خواهد شد.

مقدّمه

چند سال قبل یک دانشجو داشتم که می گفت پدرش کیمیاگر است و در حال کشف نحوهٔ تبدیل سرب به طلا می باشد. عقیدهٔ تبدیل یک عنصر به عنصر دیگر در قرون وسطی بسیار متداول بود، لیکن با توسعهٔ علوم جدید و تکنولوژی، این عقاید رؤیایی و قطعاً غیرعلمی عموماً به وسیلهٔ افراد تحصیل کرده به دور انداخته شد و فقط در کتب تاریخ باقی ماند. ولی تعدادی تبادلات ملکولی متحیّرکننده از نوع دیگر روزانه در اطراف ما در گیاهان سبز اتّفاق می افتد که مدّتها قبل از آن که انسان پا به این سیّاره بگذارد نیز انجام می گرفته است. مهمترین این تبادلات فتوسنتز است که با مقداری هوا و آب، یک رنگدانهٔ سبز و نور صورت می گیرد. بخشهایی از آب و هوا بدون کمک هیچ گونه سازمان پیچیده ای درون سلّول به قند تبدیل می شوند. به علاوه در همهٔ شبانه روز و تا سلّولها زنده هستند انرژی ذخیره ای به وسیلهٔ پدیدهٔ دیگری بنام تنفّس از قند آزاد می شود. این دو پدیده، مبنای توضیحات ما را در این فصل تشکیل می دهند.

فتوسنتز

نفت و ذغال سنگ امروزه حدود ۹۰ درصد انرژی مورد نیاز، قطارها، وسایط نقلیه، کشتیها، هواپیماها، کارخانجات و همچنین تعداد بی شماری وسایل الکتریکی و کامپیوترها و سیستمهای ارتباطی را تأمین می کند. انرژی نفت و ذغال سنگ در ابتدا ازطریق نور خورشید توسّط گیاهانی که میلیونها سال پیش می زیسته اند جذب شده و به وسیلهٔ نیروهای زمین شناختی به صورت سوختهای فسیلی در آمده اند.

انرژی مورد نیاز حمل و نقل، صنعت، و لوازم خانگی در مقایسه با کلّ انرژی مورد نیاز موجودات زنده، ناچیز به نظر می رسد. هر سلّول زنده برای این که زنده بماند به انرژی نیاز دارد و برای تولید مثل، رشد و یا اعمال فیزیکی، نیاز به انرژی بیشتری دارد. علاوه براین، اکسیژن برای آزادسازی انرژی ذخیره شدهٔ همهٔ موجودات زنده لازم است. فتوسنتز، نه فقط باعث می شود جامعهٔ متمدّن به صورت عادی به فعّالیت خود ادامه دهد بلکه تنها وسیلهٔ ادامه حیات می باشد؛ بجز بعضی از باکتریها که برای زنده ماندن از نمکهای گوگرد و یا ترکیبات غیرآلی استفاده

می کنند. این پدیده تولیدی منحصر به فرد در گیاهان سبز، تولید موادّ خام، انرژی و اکسیژن می نماید. در فتوسنتز، انرژی خورشید جذب شده و به کمک دی اکسید کربن آب و کلروفیل، ملکولهای قند را به صورت بسته بندی شده می سازد و اکسیژن به عنوان محصول فرعی این پدیده آزاد می شود.

تخمین زده شده که کلّ موجودات سبز زندهٔ دنیا (شامل موجودات دریایی نیز می شود) بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ بیلیون تُن قند در سال تولید می کنند. علاوه براین، بیشتر قند تولید شده، در تشکیلات چوب، الیاف، و موادّ ساختمانی دیگر به کار می رود. محصولات اوّلیهٔ فتوسنتز ممکن است بلافاصله به هیدراتهای کربن نظیر قندهای پلی ساکارید نشاسته یا دی ساکارید ساکارز و غیره تبدیل شوند. این ذخایر هیدراتهای کربن می تواند به وسیلهٔ تمام موجودات زنده به ملکولهای ساده تر تبدیل شوند. قندهای فتوسنتزی در تولید اسیدهای آمینه برای تشکیل پروتئینها و بسیاری از ترکیبات دیگر سلّولی نیز نقش دارند. در حقیقت محصولات فتوسنتز بیش از ۹۴ درصد وزن خشک گیاه را تشکیل می دهند و بقیّهٔ آن از خاك و موادّ محلول به وزن گیاه اضافه می شوند.

قدرت و توانایی تولید انرژی مورد نیاز بشر توسّط گیاهان، در نهایت حجم و ظرفیت جمعیّت انسان را در کرهٔ زمین تعیین خواهد نمود. در حدود $\frac{۱}{۴}$ از کرهٔ زمین، قحطی و گرسنگی متداول است حال این که غذای ناکافی برای حدّاقل انرژی مورد نیاز سرزمینهای پر جمعیّت تولید می شود. در حالی که دنیای غرب به علّت مصرف بیش از اندازهٔ غذا، مبالغ زیادی صرف کاهش وزن خود می کند. جمعیّت دنیای غرب نیز بسرعت رو به افزایش است و اگر مقدار مصرف متعادل نگردد، از توان تولید انرژی به وسیلهٔ گیاهان بالاتر خواهد رفت.

انرژی غذایی تولید شده توسّط گیاهان، تنها عامل محدودکنندهٔ جمعیّت نیست؛ بلکه اکسیژن که محصول فرعی مهمّ فتوسنتز می باشد نیز لازمهٔ تسویهٔ هوای آلوده می باشد.

مقدار زیادی از فتوسنتز به وسیلهٔ موجودات اقیانوسها صورت می گیرد. تخمین زده می شود که ۴۰ تا ۵۰ درصد اکسیژن اتمسفر از دریاها تولید می گردد؛ ولی آزمایشها نشان داده اند که یکی از هزاران آلوده کننده مانند DDT که اگر غلظت آن در حدود ۲۰ قسمت در بیلیون قسمت باشد قادر است فتوسنتز تعدادی از جلبکهای دریایی را متوقّف کند. غلظت چنین موادّی در آبهای اقیانوسی در حال حاضر هزاران مرتبه کمتر از مقدار بالا می باشد (بجز

در دلتاها که تا ۷ قسمت در بیلیون قسمت گزارش شده است). ولی با وجود این که مصرف DDT و ترکیبات شیمیایی مشابه در سالهای اخیر در ایالات متّحده متوقّف شده است کشورهای دیگر هنوز از آن استفاده می کنند و باقی ماندهٔ آن در آب رودخانه ها و اقیانوسها شسته می شود. اگر غلظت این مواد به حدّ توقّف و تولید مثل جلبکها برسد ممکن است مصرف اکسیژن به وسیعهٔ دنیای پر جمعیّت، از مقدار تولید شده توسّط بقیّهٔ گیاهان زنده خشکی، بیشتر شود و با خفگی تقریباً تمام جانوران زنده، نتیجهٔ وحشتناکی حاصل شود. ولی به احتمال زیاد قحطی و گرسنگی، پیش از آن واقع خواهد شد.

یادداشتی برای خواننده: *فتوسنتز بی شک مهمترین پدیدهٔ حیاتی روی کره زمین محسوب می شود. فتوسنتز مراحل پیچیده ای دارد که هم می توان آن را بطور خلاصه آموخت و هم وارد جزئیات بیشتر شد. بحث در مورد فتوسنتز در زیر در سه سطح مختلف آمده است: (۱) اساس فتوسنتز؛ (۲) مقدّمه ای بر مراحل اصلی فتوسنتز؛ و (۳) نگاه دقیقتری بر فتوسنتز. عمل تنفّس که بعد از فتوسنتز مورد بحث واقع می شود به طریقهٔ مشابهی توضیح داده خواهد شد. سطح سوم دارای جزئیاتی است که شاید در درس شما مورد بررسی قرار نگیرد.*

۱ - اساس فتوسنتز

فتوسنتز یک پدیدهٔ ذخیرهٔ انرژی است که در حضور نور در برگها و سایر بخشهای سبز گیاه روی می دهد. انرژی نورانی در ملکولهای قند ساده که از دی اکسید کربن موجود در هوا و آب جذب شده به وسیلهٔ گیاه ساخته می شوند ذخیره می گردد. هنگامی که دی اکسید کربن و آب با هم ترکیب شده و تشکیل یک ملکول قند (گلوکز $C_6H_{12}O_6$) را در کلروپلاست می دهند، گاز اکسیژن به عنوان یک محصول فرعی آزاد، و اکسیژن به درون اتمسفر رها می گردد. فتوسنتز بطور خلاصه به صورت معادلهٔ زیر نوشته می شود:

$$\underset{\text{دی اکسید کربن}}{6CO_2} + \underset{\text{آب}}{12H_2O} + \text{انرژی نوری} \xrightarrow[\text{آنزیم}]{\text{کلروفیل}} \underset{\text{گلوکز}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{اکسیژن}}{6O_2} + 6H_2O$$

فتوسنتز، درون کلروپلاست رخ می دهد (به شکلهای ۴-۳، ۵-۳، ۱۱-۳ رجوع شود). لازمهٔ این فرآیند دی اکسید کربن، آب، نور و ملکول کلروفیل می باشد که در زیر به آنها اشاره خواهد شد.

دی اکسید کربن

اتمسفر اطراف ما، تشکیل شده از تقریباً ۷۹ درصد ازت، ۲۰ درصد اکسیژن. یک درصد باقی مانده را مخلوطی از چند گاز شامل ۰/۰۳۵ درصد (۳۵۰ قسمت در میلیون قسمت) دی اکسید کربن مقدار کمی هیدرژن، هیلیوم، آرگن و نئون تشکیل می دهند. ۰/۰۳۵ درصد دی اکسید کربن موجود در هوای اطراف برگها با عبور از روزنه ها که برای جذب گازها سازش نموده اند، به کلروپلاست سلّولهای مزوفیل رسیده و در پرده ای نازك از آب بیرون از دیوارهٔ سلّول حل می شود سپس توسّط پدیدهٔ انتشار از دیواره گذشته و وارد سیتوپلاسم شده در نهایت به کلروپلاست می رسد.

مقدار دی اکسید کربن بطور دایم در طیّ ساعات روشنایی روز به فراوانی توسّط گیاهان سبز جذب می شود. تنها ۰/۴ هکتار گیاه ذرّت (ده هزار گیاه) بیش از ۲۵۰۰ کیلوگرم کربن را در یک فصل رویشی از اتمسفر به دست آورده و انباشته می کند. برای ذخیرهٔ این مقدار کربن ده تن دی اکسید کربن مورد نیاز می باشد. تخمین زده شده که مجموع دی اکسید کربن موجود در اتمسفر بیش از ۲/۲ بیلیون تن یا معادل ۵۰ تن برای هر هکتار سطح زمین است. اگر دی اکسید کربن هوا دایماً در حال جای گزینی نباشد در مدّت حدود ۲۲ سال همهٔ آن به مصرف می رسد. یک مخزن بزرگ دی اکسید کربن در اقیانوسها سطح دی اکسید کربن را در هوا در حدّ ۰/۰۳۵ درصد حفظ می نماید. مقدار دی اکسید کربنی که از تنفّس گیاهان و جانوران، و از سوختن مواد کربن دار، از آتش فشانها و منابع دیگر حاصل می شود حدود همان مقداری است که از طریق فتوسنتز جذب می شود.

شواهدی وجود دارد مبنی بر این که غلظت دی اکسد کربن در هوا در حال افزایش است. در سال ۱۹۷۰ میلادی مطالعه ای توسّط دانشمندان مؤسّسهٔ تکنولوژی ماساچوست در مورد مسائل بحرانی محیط زیست انجام گرفت. پیش بینی شده که تا سال ۲۰۰۰ تا حدود ۲۰ درصد به مقدار دی اکسید کربن اضافه می شود. در دههٔ ۱۹۸۰ تأثیر این افزایش در افزایش گرمای کرهٔ زمین (به صورت اثر گلخانه ای ... برای بحث در مورد این مسأله به فصل ۲۴ رجوع کنید) مهمترین موضوع علمی و سیاسی روز شد. افزایش کمی در سطح دی اکسید کربن هوا ممکن است در حقیقت برای گیاهان مفید واقع شود به شرط این که از ۰/۲ درصد بیشتر نشود (که خیلی بعید است). افزایش محصولات بین ۱۰۰ درصد تا ۲۰۰ درصد از طریق حاصلخیز کردن گیاه با دی اکسید کربن به دست آمده است. در بعضی از گلخانه های تجاری لوله هایی محتوی

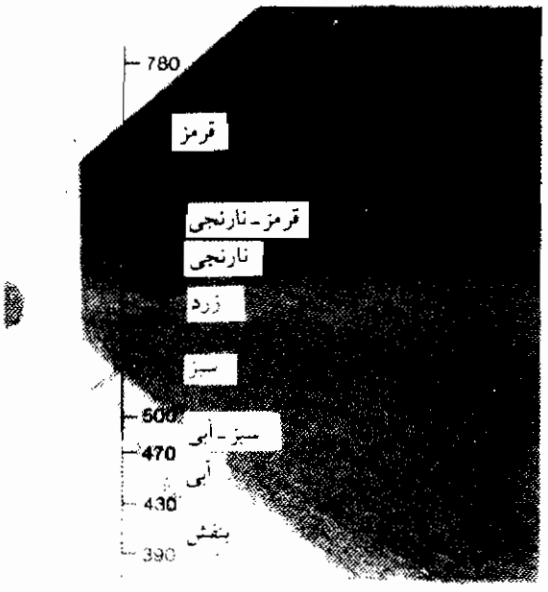
دی اکسید کربن، مقدار طبیعی دی اکسید کربن را در اختیار گیاهان قرار می دهد. لیکن تغییرات آب و هوایی که در نتیجهٔ افزایش دی اکسید کربن هوا صورت می گیرد تأثیر متضادی داشته و ممکن است تأثیر مثبت افزایش آن را برای رشد گیاهان خنثی نماید.

آب

کمتر از یک درصد کلّ آب جذب شده به وسیله گیاه در فتوسنتز مصرف می شود؛ و بیشتر باقی ماندهٔ آب، یا از گیاه خارج می گردد، و یا وارد پروتوپلاسم و واکوئل و ترکیبات دیگر می شود. هرچند دی اکسید کربن خود نیز دارای اکسیژن است، ولی آب مصرفی در فتوسنتز منبع رهاسازی اکسیژن به عنوان محصول فرعی فتوسنتز است. این مطلب به وسیلهٔ استفاده از موادّ رادیواکتیو (ایزوتوپ) نشان داده شده است که دی اکسید کربن و آب هر دو در فتوسنتز به کار می روند. اگر اکسیژن نشانه دار (ایزوتوپ) تنها در آب استفاده شود گاز اکسیژن آزاد شده نشانه دار است، ولی اگر اکسیژن دی اکسید کربن نشانه دار شود هرگز در اکسیژن آزاد شده آشکار نمی شود ولی در گلوکز ظاهر می گردد. بنابراین، بطور آشکاری نشان داده شده است که آب تولیدکنندهٔ این محصول فرعی ولی مهم، **فتوسنتز** می باشد. اگر مقدار آب کم شود ممکن است به عنوان عامل محدودکنندهٔ فتوسنتز عمل نماید. در این حالت روزنه ها معمولاً بسته می شوند و مقدار دی اکسید کربن وارد شده به گیاه کاهش پیدا می کند.

نور

نور، خصوصیات ذرّات و موج را به ظهور می رساند. انرژی خورشید به وسیلهٔ موجهایی به طولهای مختلف به زمین می رسد. بلندترین آنها امواج رادیویی، و کوتاهترین آنها پرتوهای X می باشد. حدود ۴۰ درصد انرژی تابشی که دریافت می شود به شکل نور مرئی است. اگر نور مرئی از میان منشور شیشه ای عبور نماید به رنگهای تشکیل دهنده اش تجزیه می شود. رنگ قرمز در انتهای طول موج بلند، بنفش در انتهای طول موج کوتاه، و رنگهای دیگر زرد و سبز و آبی در وسط طیف قرار دارد (شکل ۱-۱۰). اگرچه تقریباً همهٔ رنگهای نور مرئی می توانند به وسیلهٔ فتوسنتز استفاده شوند لیکن امواج بنفش تا آبی، و قرمز نارنجی تا قرمز، بیشترین استفاده را دارند. مقدار زیادی از نور دامنهٔ طول موج سبز منعکس می شود. برگها بطور کلّی ۸۰ درصد نور مرئی را که به آنها می رسد جذب می کنند.



شکل ۱۰-۱ نور قابل دیدن که از منشوری گذشته و به‌رنگهای انفرادی دارای امواج از ۳۹۰ نانومتر (بنفش) تا ۷۸۰ نانومتر (قرمز) شکسته شد است.

شدّت نور در طول روز، فصل سال، ارتفاع، عرض جغرافیایی و شرایط جوّی متفاوت است. در ظهر یک روز صاف تابستانی در مناطق معتدله شدّت نور نزدیک به ۱۰۰۰۰ شمع ـ فوت است. جهت مقایسه درنظر بگیرید یک لامپ خوب مطالعه تنها ۲۵ شمع ـ فوت نور تولید می کند.

شدّت نور در گیاهان جهت انجام فتوسنتز مناسب و خوب بسیار متفاوت است، عوامل دیگر مانند مقدار دی‌اکسید کربن موجود می تواند نقش محدودکننده داشته باشد. به‌عنوان مثال در بعضی از گیاهان با افزایش شدّت نور بیش از ۳۰۰۰ شمع ـ فوت فتوسنتز زیاد نمی شود مگر این که دی‌اکسید کربن کافی در دسترس گیاه باشد در این صورت تا شدّت ۵۰۰۰ شمع ـ فوت فتوسنتز افزایش می یابد. گیاهان علفی سطح جنگلها با کمتر از ۲ درصد نور در روشنایی روز کامل می توانند به حیات خود ادامه دهند. گزارش شده است بعضی از خزه ها با شدّت نور کمتر از ۰/۰۵ تا ۰/۰۱ درصد روشنایی روز به حیات خود ادامه می دهند. بیشتر گیاهان خشکی در محیط باز حدّاقل به ۳۰ درصد نور روز کامل نیاز دارند. بعضی گونه های درختی نزدیک

به نور روز کامل را نیازمندند. گیاهان سایه زی غالباً در نور ۱۰ درصد روز بهترین عمل فتوسنتز را انجام می دهند. نور بیشتر از این مقدار ممکن است به طرق مختلف باعث تغییر در واکنشهای متابولیکی درون سلّولها شود. برای مثال در نور بالا تنفّس نوری (یک نوع خاصّ تنفّس است که از اکسیژن استفاده شده و دی اکسید کربن آزاد می شود ولی در مسیر شیمیایی خود با تنفّس هوازی اختلاف دارد) و همچنین اکسیداسیون نوری (حضور نور باعث تخریب کلروفیل می شود) ممکن است روی دهد. اگرچه دی اکسید کربن در تنفّس نوری آزاد می شود ولی بیشتر مراحل آن با تنفّس معمولی تفاوت دارد. شدّت نور بالا همچنین باعث افزایش تعرّق شده و درنتیجه روزنه ها بسته می شوند و کاهش شدید مقدار ذخیرهٔ دی اکسید کربن مورد استفاده گیاه دنبال می شود.

کلروفیل

چندین نوع ملکول کلروفیل وجود دارد و تمام آنها یک اتم منیزیوم دارند. کلروفیل ازنظر ساختمانی، به heme هموگلوبین خیلی شبیه است. رنگدانهٔ قرمز هموگلوبین دارای آهن است که اکسیژن را در خون انتقال می دهد. هر ملکول کلروفیل دارای یک دنبالهٔ لیپیدی است که آن را در لایه های لیپیدی غشای تیلاکوئیدی استوار می کند.

کلروپلاستهای بیشتر گیاهان در غشاهای تیلاکوئیدی دارای دو نوع کلروفیل هستند: کلروفیل a به رنگ سبز متمایل به آبی بوده و فرمول آن $C_{۵۵}H_{۷۲}MgN_۴O_۵$ می باشد. کلروفیل b دارای رنگ سبز متمایل به زرد با فرمول $C_{۵۵}H_{۷۰}MgN_۴O_۶$ است. وقتی ملکول کلروفیل b نور را جذب می کند، انرژی را به ملکول کلروفیل a انتقال می دهد. کلروفیل b به گیاه این امکان را می دهد تا از طیف نوری وسیعتری نسبت به حالتی که کلروفیل a تنها وجود دارد، استفاده کرده و فتوسنتز نماید. دیگر رنگدانه های فتوسنتزی شامل کاروتنوئیدها (رنگدانه های زرد تا نارنجی که در تمام گیاهان یافت می شوند)، فیکوبیلینها (رنگدانهٔ آبی یا قرمز موجود در باکتریهای سبز ـ آبی و جلبکهای قرمز) و چند نوع دیگر کلروفیل می باشند. کلروفیلهای c و d و به ندرت e در بعضی از جلبکهای خاص به جای کلروفیل b وجود دارند و رنگدانه های فتوسنتزی دیگری در باکتریها دیده می شود. کلروفیلهای مختلف به هم نزدیک هستند لیکن در ساختمان ملکول آنها کمی اختلاف است.

در کلروپلاستها حدود ۲۵۰ تا ۴۰۰ ملکول رنگدانه تجمّع نموده و به صورت کمپلکس محصول دهی نوری بنام یک واحد فتوسنتزی قرار دارند. در هر گرانوم تعداد بی شماری از این واحدها وجود دارند. دو نوع از این واحدهای فتوسنتزی در کلروپلاستهای گیاهان سبز با هم عمل نموده اوّلین مرحله فتوسنتز یعنی واکنشهای نوری را باعث می شوند (در قسمت بعد توضیح داده می شود).

۲ - مقدّمه‌ای بر مراحل اصلی فتوسنتز

واکنشهای نوری

در سال ۱۹۳۰ میلادی یک بیوشیمیست انگلیسی بنام رابین هیل کشف کرد که محلول کلروپلاست خرد شده و یا سالم برگها که به صورت متمرکز و سانتریفوژ شده باشد می تواند در حضور یک گیرنده الکترون، اکسیژن تولید کند. در سال ۱۹۵۱ نشان داده شد که ملکولی بنام نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید فسفات (NADP) که مشتقّی از ویتامین B (نیاسین) می باشد در این واکنش به عنوان گیرندهٔ الکترون عمل می کند و به افتخار کاشف آن اسم این واکنش را واکنش هیل نهادند. واکنش هیل و تحقیقات دیگر، این بینش را داد که در مرحلهٔ مهمّی از فتوسنتز نیام واکنشهای نوری، نور به کلروفیل که در تیلاکوئیدهای گرانایی قرار دارد برخورد می کند (به شکل ۱۱-۳ رجوع شود). نور باعث واکنشهایی می شود که در نتیجهٔ آن، انرژی نورانی به انرژی شیمیایی تبدیل می شود. در این مراحل: (۱) ملکولهای آب تجزیه می شوند و تولید یونهای هیدرژن، الکترونها، و گاز اکسیژن می نمایند؛ (۲) ملکولهای ذخیره کنندهٔ انرژی بنام ATP تشکیل می شود؛ و (۳) هیدرژن حاصل از تجزیه ملکولهای آب تولید $NADPH_2$ (بطور دقیقتر $NADPH + H^+$ نشان داده می شود) را می کند که ناقل هیدرژن بوده و در مرحلهٔ دوم فتوسنتز (واکنشهای تاریکی) استفاده می گردد.

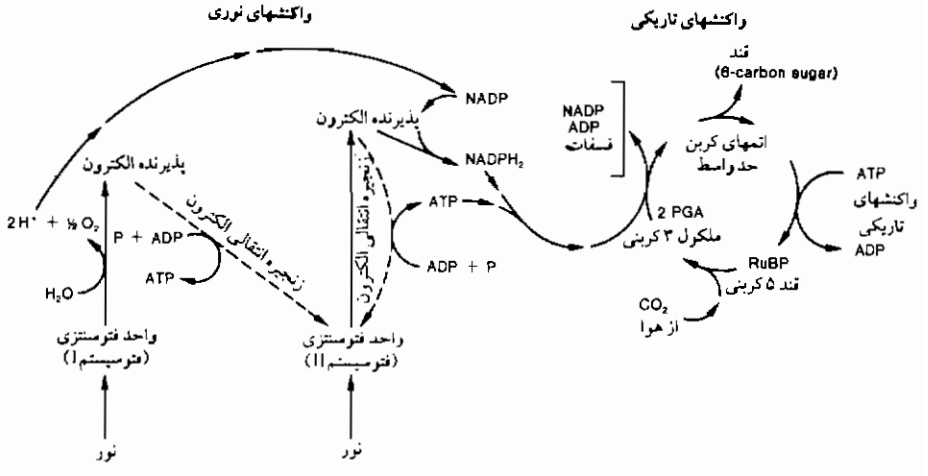
واکنشهای تاریکی

واکنشهای تاریکی به صورت یک سری از واکنشها در خارج از گرانومها و در استرومای کلروپلاست انجام می گیرند در صورتی که محصولات واکنشهای نوری وجود داشته باشد. واکنشهای تاریکی به طرق مختلف صورت می گیرند، به نوع گیاه بستگی دارد. در سال ۱۹۶۱

دکتر ملوین کالوین دانشگاه کالیفرنیا نحوهٔ انجام متداولترین نوع واکنش تاریکی را کشف نمود و به خاطر آن جایزهٔ نوبل دریافت کرد. این مرحله از فتوسنتز غالباً بنام چرخهٔ کالوین نامیده می شود.

در این چرخهٔ دی اکسید کربن هوا با یک قند ۵ کربنی (RuBP ریبولوز بی فسفات) ترکیب شده و سپس ملکول حاصل در چند مرحله به قندهای ۶ کربنی مانند گلوکز تبدیل می شود. انرژی و موادّ دیگر که در این مرحله لازم است توسّط ATP و NADPH2 تولید شده در واکنشهای نوری تأمین می شود. بعضی از قندهای ۶ کربنی که در واکنشهای تاریکی تولید می شوند به صورت چرخه ای ایجاد شده، بعضی دیگر مانند نشاسته یا پلی ساکاریدهای دیگر (قندهای ساده ردیف شدهٔ زنجیری) ذخیره می شوند. خلاصه ای از واکنشهای فتوسنتز بطور ساده در شکل ۲-۱۰ به نمایش گذاشته شده است. شکلهای ۵-۱۰ و ۶-۱۰ جزئیات بیشتری از واکنشهای نوری و تاریکی را نشان می دهند.

وقتی که دی اکسید کربن هوا با RuBP ترکیب می شود دو ملکول قند سه کربنی (GA3P، گلسیرآلدهید ۳- فسفات) به عنوان اوّلین مادّهٔ پایدار به دست می آید و سپس در واکنشهای تاریکی تغییر می نماید. تعدادی از گیاهان گرمسیری تولید ترکیبات ۴ کربنی بجای ۳ کربنی در این مرحله می نمایند. مسیر ۴ کربنی که در اکثر گیاهان مناطق خشک و بیابانی انجام می شود در بخش بعد توضیح داده خواهد شد.



شکل ۲-۱۰ خلاصهٔ ساده‌ای از واکنشهای فتوسنتز

۳- نگاهی دقیقتر به فتوسنتز

بعضی از جزئیات فتوسنتز هنوز نیاز به مطالعهٔ بیشتر دارد، گرچه اطّلاعات زیادی از سال ۱۷۷۲ میلادی در مورد آن به دست آمده است. در این سال یک طبیعی دان انگلیسی بنام پریستلی (Joseph Priestly ۱۷۳۳-۱۸۰۴) نشان داد گیاه اکسیژن تولید می نماید و یک موش می تواند در هوایی ادامهٔ حیات بدهد که به وسیلهٔ سوختن یک شمع مصرف شده است و برای آن مدال افتخار دریافت نمود. چندین سال بعد یک پزشک آلمانی بنام اینگن هوز (Jan Ingen-Housz) (۱۷۳۰-۱۷۹۹) که برای مداوای بیماری آبلهٔ خاندان سلطنتی به انگلستان رفت به دقّت آزمایشات پریستلی را دنبال کرد. او نشان داد که هوا فقط در صورتی آزاد می شود که بخش سبز گیاه در مقابل نور خورشید قرار گیرد. در سال ۱۷۸۲ میلادی سنه بیر (Jean Senebier) (۱۷۴۲-۱۸۰۹)، یک کشیش سویسی کشف کرد که مراحل فتوسنتز به دی اکسید کربن نیاز دارند، و در سال ۱۷۹۶ اینگن هوز نشان داد که کربن وارد تغذیهٔ گیاه می شود. بخش نهایی تمام واکنشهای فتوسنتز به وسیلهٔ سویسی دیگری بنام ساسور (Nicholas Theodore de Saussure) (۱۷۶۸-۱۸۴۵) توصیف شد که نشان داد آب در این پدیده دخالت دارد. مقدار کمی از آنچه که اکنون در مورد جزئیات فتوسنتز شناخته شده است در توضیحات بعدی و در قسمت «سطح دوم» تشریح خواهد شد. آنهایی که به اطّلاعات بیشتری علاقه مند هستند می توانند از فهرست منابع مورد مطالعهٔ پایان فصل استفاده کنند.

توضیح مجدّد واکنشهای نوری

قبلاً اشاره کردیم که نور دارای هر دو خاصیت موجی و ذرّه ای است. در قرن نوزدهم هنگامی که نیوتن (Isaac Newton) برای اوّلین بار از یک مشنور برای نشان دادن طیف رنگهای موجود در نور سفید استفاده کرد فرض نمود که نور دارای یک سری ذرّات بنیادی است که نام آنها را کورپوسکول[1] گذاشت ولی نظریّهٔ او تنها تا حدودی پدیده های نوری را توضیح داد. در اواسط قرن نوزدهم ماکسول (James Maxwell) و دیگران نشان دادند که نور و طیف وسیع الکترومغناطیسی به صورت موج حرکت می کنند.

قبل از آغاز قرن بیستم نظریّهٔ موجی نور نیز برای توصیف اصلی نور کافی

1- Corpuscle

نبود بخصوص در رابطه با تأثیری که فتوالکتریک می تواند در فلزات ایجاد نماید. هنگامی که یک فلز در معرض پرتوهای مرئی و نامرئی با طول موج بحرانی قرار می گیرد دارای بار مثبت می شود به علّت این که قدرت تابش نور الکترونها را از اتمهای آن بیرون می راند. توانایی نور برای گرفتن الکترونهای اتم فلز و همچنین شدّت و درخشندگی نور بستگی به طول موج خاص دارد. هرچقدر طول موج کوتاهتر باشد انرژی بیشتر است، و برعکس.

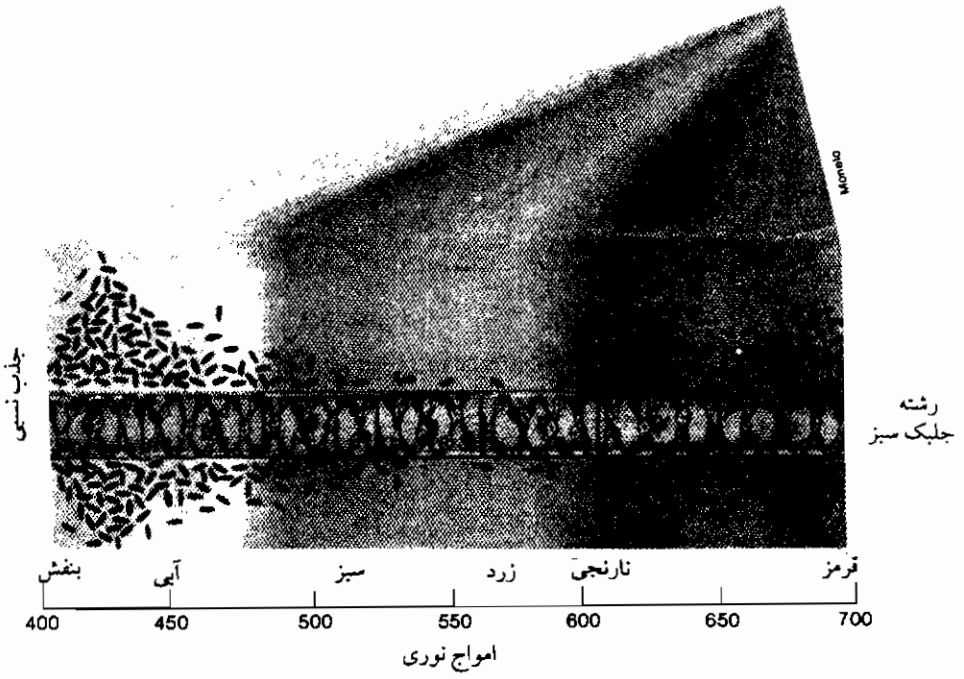
در سال ۱۹۰۵ انشتین (Albert Einstein) اعلام کرد که تأثیر فتوشیمیایی در اثر بسته های مجزّای انرژی نوری بنام فوتون است. در سال ۱۹۲۱ جایزهٔ نوبل فیزیک را برای این کار دریافت کرد. ذرّه ها (فوتونها) و همچنین موجها امروز تقریباً در سطح جهانی شناخته شده که از اختصاصات نور می باشند. انرژی (کوانتوم) یک فوتون در تمام انواع نور مشابه نیست. طول موجهای بزرگ دارای انرژی کم، و طول موجهای کوتاه انرژی زیاد دارند.

کلروفیل، اصلیترین رنگدانهٔ سیستم فتوسنتزی، نور را در طول موجهای بنفش تا آبی و همچنین قرمز به مقدار بسیار زیادی جذب می کند. کلروفیل نور سبز را بازتاب می نماید و به همین علّت برگها سبز به نظر می رسند. این مطلب برای اوّلین بار در سال ۱۸۸۲ بطور ابتکاری به وسیلهٔ انگلمن (T. W. Engelmann) نشان داده شد. او یک طیف نوری را روی یک رشته (یک ردیف سلّول) از یک جلبک آب شیرین تنظیم نمود. جلبک روی لام میکروسکپی درون آب محتوی باکتریها که به سوی منبع اکسیژن حرکت می کردند بطور معلّق قرار داشت. همان طور که در شکل ۳-۱۰ نشان داده شده است باکتریها به مقدار فراوانی در مناطق قرمز و آبی طیف روی جلبک تجمّع کردند. این آزمایش نشان داد که تولید اکسیژن بطور مستقیم با نوری که کلرفیل جذب می کند ارتباط دارد. چنین تجزیه و تحلیلی که در آن از موادّ زیستی استفاده می شود به عنوان آزمونهای زیستی[1] مطرح است. آزمونهای زیستی برای به دست آوردن اطّلاعات بسیار مهم اهمّیت دارند.

هر رنگدانه دارای اختصاصاتی در جذب نور است که به عنوان «طیف جذبی» رنگدانه می باشد (شکل ۴-۱۰). وقتی که یک رنگدانه نور را جذب می کند سطح انرژی بعضی از الکترونها صعود می کند و فوراً انرژی به صورت نور بیرون داده می شود (پدیده ای بنام فلورسانس). در کلروفیل درقسمت قرمز طیف نورمرئی این پدیده مشاهده می شود، بطوری که اگر کلروفیل

1- Bioassay

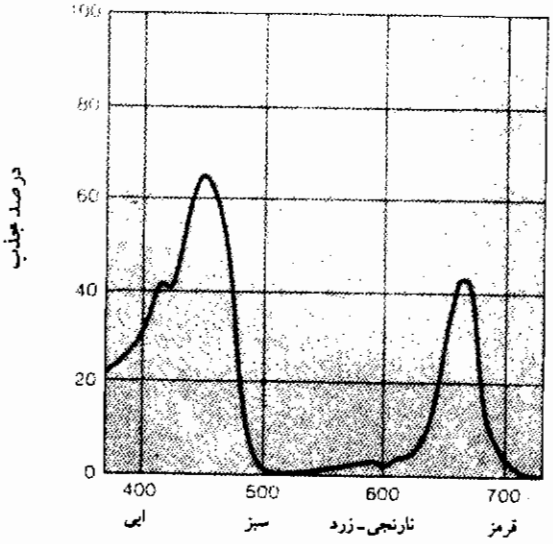
استخراج شده و درنور قرار داده شود به رنگ قرمز ظاهر می گردد. انرژی جذب شده همچنین ممکن است بعد از تأخیر به صورت نور خارج شود (پدیدهٔ فسفورسانس)[1] و درغیراین صورت امکان دارد نور به گرما تبدیل شود یا مشابه آنچه که در فتوسنتز انجام می شود در پیوندهای شیمیایی ذخیره گردد.



شکل ۳-۱۰ آزمایش انگلمن. بخش کوچکی از طیف نوری که برروی یك مقطع میکروسکپی حاوی یك‌رشته از سلولهای جلبك معلق درآب‌محتوی باکتریهایی که به‌طرف منبعی‌از اکسیژن درحرکتند کانون شده است. باکتریها بیشتر در محلهای نور قرمز و آبی طیف نوری تجمّع کرده‌اند.

همان طور که در آغاز بحث اشاره شد، فتوسنتز یک پدیدهٔ فوق العاده پیچیده است و در طیّ آن چندین نوع واکنش نظیر واکنشهای اکسیداسیون ـ احیا که همچنین برای تنفّس (بعداً در همین فصل بررسی می شود) حیاتی هستند صورت می گیرد.

1- Phosphorescence



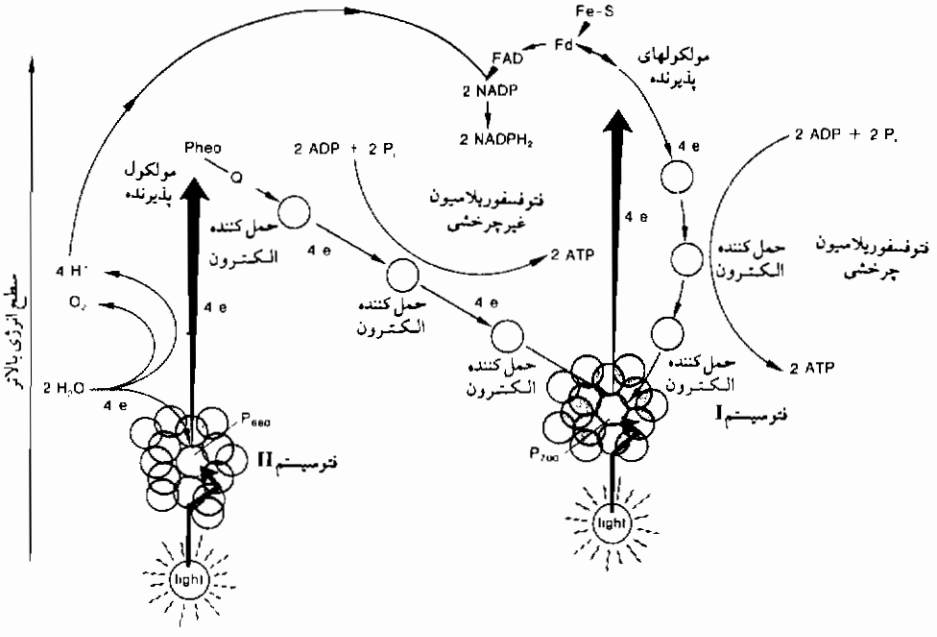
شکل ۴-۱۰ طیف جذب کلرفیل a

فتوسیستمها

در بیشتر کلروپلاستها دو نوع واحد فتوسیستم بنامهای فتوسیستم I و II وجود دارد (شکل ۵-۱۰). هر واحد فتوسیستم I دارای بیش از ۲۰۰ ملکول کلروفیلی a ، مقدار کمی کلروفیل b ، و رنگدانهٔ کاروتنوئید با پروتئینهای متّصل به آن، و یک ملکول عمل کنندهٔ مرکزی کلرفیل a بنام $P_{۷۰۰}$ می باشد. اگرچه همه رنگدانه ها در فتوسیستم قادر به جذب فوتون هستند ولی تنها ملکول عمل کنندهٔ مرکزی کلروفیل می تواند انرژی نوری را مورد استفاده قرار دهد. بقیّهٔ رنگدانه های فتوسیستم ***رنگدانه های آنتنی*** نامیده می شوند زیرا با هم همانند یک آنتن عمل می کنند، نور را جمع آوری کرده و به ملکول عمل کنندهٔ مرکزی هدایت می کنند.

به علاوه پروتئینهای سولفور آهن وجود دارد که برای فتوسیستم I به عنوان گیرنده های الکترون اوّلیه عمل می کنند. به این معنی که این پروتئینها ابتدا الکترون را از $P_{۷۰۰}$ می گیرند. یک واحد فتوسنتزی فتوسیستم II شامل کلروفیل a ، کارتن β و پروتئینهای متّصل به آن، مقدار کمی کلروفیل b و یک ملکول مخصوص عمل کنندهٔ مرکزی کلروفیل a بنام $P_{۶۸۰}$ می باشد.

حرف P علامت پیگمان یا رنگدانه است. اعداد ۷۰۰ و ۶۸۰ ملکول عمل کنندهٔ مرکزی a به طول موجهای ۷۰۰ و ۶۸۰ نانومتر از طیف نوری است که در آن کلروفیل بالاترین جذب را دارا می باشد. این نقاط اوج با نقاط اوج دیگر کلروفیلهای دیگر a موجود در واحد فتوسنتزی اندکی تفاوت دارند. همچنین در فتوسیستم II یک گیرندهٔ الکترون اوّلیه بنام فئوفیتین[1] یا فئو وجود دارد. ۳ شیمی دان آلمانی در سال ۱۹۸۸ برای تحقیقات خود در مورد تعیین و تشخیص ساختمان اتمی ملکول عمل کنندهٔ مرکزی که مشخّص شد بیش از ده هزار اتم دارد جایزهٔ نوبل دریافت نمودند.



شکل ۵-۱۰ خلاصه‌ای از واکنشهای نوری فتوسنتز

فتولیز

هنگامی که یک فوتون نور با ملکول $P_{۶۸۰}$ فتوسیستم II برخورد می کند، الکترون آن به سطح انرژی بالاتر می رود. این عمل بنام برانگیخته شدن الکترون می باشد. الکترون

1- Pheophytin

برانگیخته شده به وسیلهٔ فئو (اوّلین گیرنده) جمع شده، سپس به گیرندهٔ دیگری بنام Q منتقل می شود. ملکول $P_{۶۸۰}$ الکترونهای از دست داده خود را طیّ مراحلی که تاکنون شناخته نشده است به وسیلهٔ ملکولهای آب جبران می کند. با تجزیهٔ ملکولهای آب، یک ملکول اکسیژن و ۴ پروتون ایجاد می شود. این تجزیهٔ ملکولهای آب که به اتمهای منگنز نیاز دارد و به کمک یک آنزیم موجود درون غشای تیلاکوئید صورت می گیرد، ***فتولیز*** نامیده می شود.

فتوفسفوریلاسیون

ملکول گیرندهٔ Q الکترونهای برانگیخته شده را به یک سیستم ناقل الکترون می دهد که همانند پلی ارتباطی الکترونهای آب را به یک ملکول پر انرژی بنام نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید فسفات ($NADPH + H^+$) منتقل می نماید که یک گیرندهٔ الکترون فتوسیستم I محسوب می شود. زنجیرهٔ انتقال الکترون دارای رنگدانه های آهن داری بنام سیتوکروم و ملکولهای دیگری ناقل الکترون و همچنین یک پروتئین مس دار بنام پلاستوسیانین می باشند. همزمانی که الکترونها از سیستم انتقال الکترون عبور می کنند و پروتونها به وسیلهٔ عامل متّصل شونده به حرکت در می آیند، ملکولهای ATP از ملکولهای ADP و فسفات در پدیده ای بنام فسفوریلاسیون ساخته می شوند.

در فتوسیستم I مراحل تا حدّی مشابه انجام می شود. وقتی که یک فوتون به $P_{۷۰۰}$ واحد فتوسنتزی برخورد می کند، انرژی یک الکترون را برانگیخته نموده و این الکترون به ملکول گیرندهٔ آهن گوگردی که به Fe-S نشان داده می شود منتقل می گردد. سپس این ملکول الکترون را به یک ملکول گیرندهٔ Fe-S دیگر بنام فرودوکسین[1] (Fd) منتقل کرده و این ملکول آن را به نوبهٔ خود به ملکول ناقل دیگر یعنی فلاوین آدنین نوکلئوتید FAD انتقال می نماید و در نهایت الکترون به $NADP^+$ می رسد. $NADP^+$ به صورت $NADPH + H^+$ احیا می شود. الکترونهای رانده شده از ملکول $P_{۷۰۰}$ به وسیلهٔ الکترونهای سیستم II جایگزین می شوند. این حرکت سرتاسری الکترون از آب به فتوسیستم II و به فتوسیستم I و به $NADP^+$، جریان الکترون غیرچرخه ای بوده زیرا فقط به یک جهت حرکت می کند. به همین صورت تولید ATP به عنوان فتوفسفوریلاسیون غیرچرخه ای مطرح می شود.

1- Ferredoxin

فتوسیستم I همچنین می تواند به صورت مستقل از فتوسیستم II عمل کند و در طیّ آن الکترونها از ملکول فعّال مرکزی $P_{۷۰۰}$ (فتوسیستم I) را ترك کرده و با عبور از یک ملکول گیرنده بنام $P_{۴۳۰}$ به زنجیر انتقال الکترون بین دو فتوسیستم منتقل شده (بجای فرودوکسین و NADP) و به مرکز عمل کنندهٔ فتوسیستم I بر می گردد. این عمل، جریان چرخه ای الکترون می باشد. ATP تولید شده به وسیلهٔ جریان چرخه ای الکترون یا فتوفسفوریلاسیون چرخه ای ایجاد می شود ولی نه $NADPH + H^+$ و نه اکسیژن تولید شده و نه ملکول آب تجزیه می گردد. خلاصهٔ واکنشهای نوری فتوسنتز در شکل ۵-۱۰ نشان داده شده است.

شمواسمز

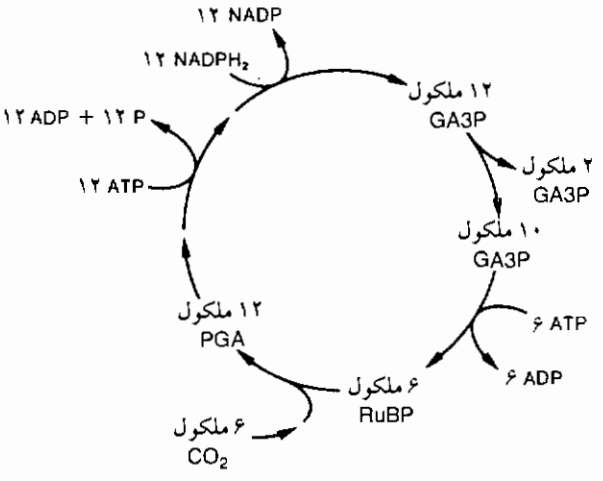
عقیده براین است محلّی که آنزیمها تجزیهٔ ملکولهای آب را واسطه گری می نمایند (درون غشای تیلاکوئیدی) در عرض غشا ایجاد قطب پروتون می شود. به نظر می رسد حرکت پروتئینها از عرض غشای منبع انرژی برای ATP باشد. این عمل که مشابه حرکت ملکولی در پدیدهٔ اسمز توصیف شد بنام کاشف آن پیتر میشل (Peter Mitchell) «فرضیّهٔ میشل» یا کمیواسمز نامیده می شود. بنابراین فرضیّهٔ پروتونها از عرض غشای تیلاکوئیدی از میان کانالهای پروتئینی بنام ATP آز یا عامل جفت گیری عبور می کنند. ADP و فسفات نیز به پروتون افزوده شده با هم تولید ATP می نمایند.

توضیح مجدّد مراحل تاریکی

ما مشاهده کردیم که چگونه ATP و $NADPH + H^+$ طیّ واکنشهای نوری ساخته می شوند. هر دو این ملکولها در مرحله تاریکی نقش اساسی را در سنتز هیدراتهای کربن از دی اکسید کربن اتمسفر دارند که از طریق روزنه ها به درون بافت کلرانشیم نفوذ می کنند. بطوری که قبلاً نشان داده شد واکنشهای تاریکی در اصل یک سری کامل از واکنشها هستند که هرکدام توسّط یک آنزیم هدایت می شوند. واکنشها در استرومای کلروپلاست و بدون نیاز به نور انجام می شوند و از ترکیبات حاصله از مراحل نوری استفاده می کنند. این واکنشها ممکن است بطور عادی در طول روز نیز انجام شوند.

چرخهٔ کالوین

سه مکانیسم برای تبدیل دی‌اکسید کربن به هیدرات کربن در مراحل تاریکی شناخته شده‌اند. مهمترین و شناخته‌ترین این مکانیسمها مسیر ۳- کربنی یا چرخهٔ کالوین می‌باشد (شکل ۶-۱۰).



شکل ۶-۱۰ چرخهٔ کالوین (واکنشهای تاریکی) فتوسنتز

مراحل اصلی چرخهٔ کالوین (واکنشهای تاریکی) به شرح زیر است :

۱. شش ملکول دی‌اکسید کربن که از هوا گرفته شده است با ۶ ملکول ریبولوز ۱-۵ بی فسفات (RuBP قند ۵ کربنی که هنگام فتوسنتز مرتّباً در حال سنتز است)، به کمک آنزیم RuBP کربوکسیلاز ترکیب می‌شوند.

۲. ۶ ملکول شش کربنی ناپایدار حاصل بلافاصله به ۱۲ ملکول سه کربنی بنام گلسیرآلدئید ۳- فسفات (GA3P) که اوّلین ترکیب پایدار فتوسنتز است تبدیل می‌شوند.

۳. $NADPH + H^+$ (که بطور موقّت از جذب هیدرژن و آزادسازی الکترون مرحلهٔ نوری تشکیل شده)، ATP (همچنین حاصل مرحلهٔ نوری است) انرژی لازم برای تبدیل PGA به ۱۲ ملکول گلسیرآلدئید ۳ فسفات (GA3P) و قند ۳ کربنی فسفات دار آماده می‌کند.

۴. ده ملکول از ۱۲ ملکول گلسیرآلدئید ۳- فسفات مجدّداً ایجاد ۶ ملکول ۵ کربنی RuBP می کند که برای شروع چرخهٔ کالوین لازم است. دو ملکول باقی ماندهٔ GA3P می توانند به ترکیبات هیدرات کربن (گلوکز، نشاسته، سلّولز و یا ترکیبات وابسته) و یا ممکن است در مسیرهایی که منجر به سنتز لیپیدها، و آمینواسیدها می شوند به کار رود.

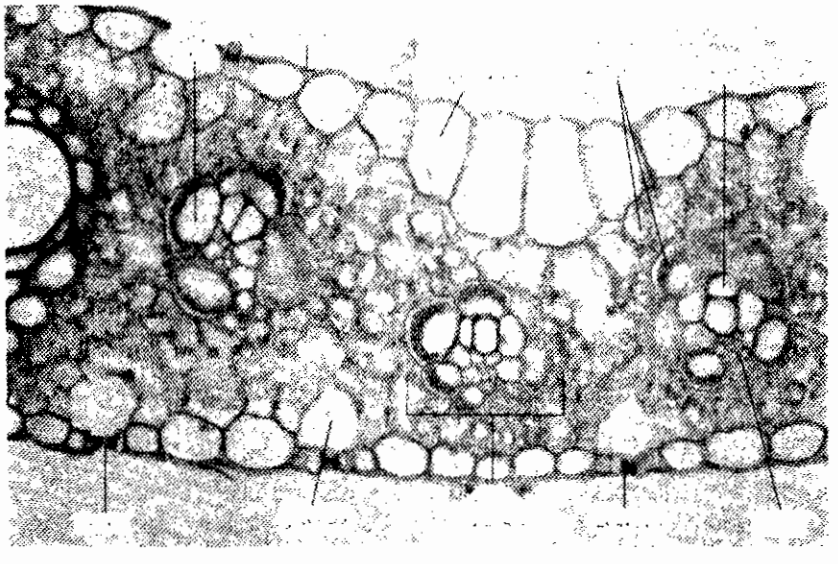
مسیر ۴ - کربنی

گیاهان حدّاقل صد جنس مناطق گرمسیری به جای ترکیب ۳ کربنی PGA در مراحل اوّلیهٔ واکنشهای تاریکی ترکیب ۴- کربنی اسید اگزالواستیک را ایجاد می نمایند. اسید اگزالواستیک هنگامی ایجاد می شود که ترکیب ۳- کربنی فسفوانول پیروات (PEP) و دی اکسید کربن به کمک یک آنزیم بنام فسفوانول پیروات کربوکسیلاز در سلّولهای مزوفیل ترکیب می شوند. بستگی به گونهٔ گیاهی دارد، اسید اگزالیک ممکن است بعداً به اسید مالیک یا اسید اسپارتیک یا اسیدهای دیگر تبدیل شود. این اسیدهای ۴- کربنی که جانشینی برای PGA نیستند به سلّولهای غلاف آوندی اطراف دستجات آوندی (رگ برگها) مهاجرت کرده و در آن جا به اسید پیرورویک و دی اکسید کربن تبدیل می شوند. اسید پیرورویک به سلّولهای مزوفیل بر می گردد و در اثر ATP تشکیل ملکولهای PEP اضافی را می دهد، دی اکسید کربن با RuBP در سلّولهای غلاف آوندی ترکیب شده و به PGA و ملکولهای مرتبط با چرخهٔ کالوین تبدیل می شود. چون گیاهانی که دارای سیستم PEP هستند در اوّلین مرحله تولید مادّهٔ ۴ کربن می کنند، به آنها گیاهان چهار کربنی یا گیاهان C_4 گفته می شود و در مقابل آنها گیاهان سه کربنی یا C_3 قرار دارند.

گیاهان C_4 چندین ویژگی دارند: (۱) برخلاف گیاهان C_3 که یک شکل کلروپلاست دارند و فقط چرخهٔ کالوین در آنها اتّفاق می افتد، در گیاهان C_4 دو شکل کلروپلاست وجود دارد و دو مسیر مختلف می توانند از دی اکسید کربن استفاده کنند. کلروپلاستهای درشت در غلاف آوندی اطراف رگ برگها وجود دارند که واجد یا فاقد گرانا هستند. این کلروپلاستهای درشت دارای تعداد زیادی دانهٔ نشاسته بوده و گراناها توسعهٔ کمی دارند. کلروپلاستهای کوچکتری در سلّولهای مزوفیل وجود دارند که معمولاً بدون دانه های نشاسته می باشند ولی شبکهٔ وسیعی از گرانا دارند (شکل ۷-۱۰)؛ (۲) غلظت بالایی از PEP کربوکسیلاز در سلّولهای مزوفیل مشاهده می شود. این اهمّیت دارد به علّت این که PEP کربوکسیلاز باعث می شود تبدیل

دی‌اکسید کربن به هیدرات کربن در غلظت پایینتری انجام شود تا در حضور RuBP کربوکسیلاز (که تنها در سلّولهای غلاف یافت می‌شود)؛ و (۳) بالاترین درجهٔ دما برای فتوسنتز C_4 از بالاترین درجهٔ دما برای C_3 بیشتر است. بنابراین به گیاهان C_4 اجازه می‌دهد در شرایط نامساعدی که حتّی ممکن است برای گیاهان C_3 زیان‌بخش باشد به حیات خود ادامه دهند.

C_4 ازطریق مسیرهای مختلفی آشکارا دی‌اکسید کربن بیشتری برای چرخهٔ کربن نسبت به مسیر C_3 آماده می‌کند، ولی بایستی توجّه کرد که این مسیر اضافی در گیاهان C_4 باعث می‌شود که تنفّس نوری در این گیاهان بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش یابد. در طیّ تنفّس نوری که درحقیقت با چرخهٔ کالوین در رقابت است، هنگام تابش نور وقتی که چرخهٔ کالوین در حال انجام است، RuBP با اکسیژن واکنش نموده و سرانجام دی‌اکسید کربن آزاد می‌شود. در حالی که در فتوسنتز RuBP و دی‌اکسید کربن در سنتز کربوهیدرات شرکت دارند. در گیاهان C_4 مسیر C_4 در سلّولهای مزوفیل باعث می‌شود CO_2 در غلظت کم جمع شود. بنابراین، آنزیم چرخهٔ کالوین یعنی RuBP کربوکسیلاز واکنش RuBP را با CO_2 نسبت به اکسیژن بیشتر کاتالیز خواهد کرد. در نتیجه مقدار فتوسنتز در گیاهان C_4 ۲ تا ۳ برابر گیاهان C_3 می‌باشد.



شکل ۷-۱۰ بخشی از مقطع عرضی برگ ذرّت (Zea mays)، یك گیاه C_4. این شکل را با برگهای C_3 که در شکلهای ۴-۷ و الف ۸-۷ نشان داده شده است مقایسه کنید.

فتوسنتز CAM

متابولسیم اسید کراسولایی[1] در گیاهان حدّاقل ۲۰ خانواده مانند کاکتوس، گل ناز، ارکیده، آناناس و تعدادی از روییدنیهای گوشتی مناطقی که در معرض نور شدید قرار دارند انجام می شود. ولی تعدادی از گیاهان گوشتی فاقد فتوسنتز CAM هستند؛ در حالی که بعضی از روییدنیهای غیرگوشتی نیز این عمل را انجام می دهند. گیاهان CAM فاقد مزوفیل نردبانی برگ بوده و برخلاف کلروپلاستهای سلّولهای غلاف آوندی گیاهان C_4، کلروپلاستهای گیاهان CAM مشابه کلروپلاستهای سلّولهای مزوفیل گیاهان C_4 می باشند.

فتوسنتز CAM مشابه فتوسنتز C_4 است که طیّ مراحل تاریکی ترکیبات ۴ کربنی را انجام می دهد. ولی در چنین گیاهانی شب هنگام در بافت کلرانشیمی اسید مالیک انباشته شده و در روز به CO_2 تبدیل می شود. آنزیم PEP کربوکسیلاز مسؤول تبدیل CO_2 و PEP به اسید مالیک در شب می باشد. در هنگام نور در روز اسید مالیک از درون واکوئل که در آن ذخیره شده به بیرون نفوذ نموده و مجدّداً برای استفادهٔ چرخهٔ کالوین به CO_2 تبدیل می شود. به علّت این که در روز در اثر نور شدید، روزنه ها بسته می شوند (تا آب کمتری به هدر رود)، دی اکسید کربن کمی وارد برگ می شود. بنابراین، با چنین مکانیسمی در روز مقادیر بسیار زیادی از دی اکسید کربن قادر است به هیدرات کربن تبدیل شود. چنین وضعیّتی باعث می شود که گیاهان تحت شرایط کمبود آب و نور شدید، راندمان بسیار بالایی داشته باشند.

تنفس

انرژی خورشیدی که در نتیجهٔ پدیدهٔ فتوسنتز به انرژی شیمیایی تبدیل می شود. به صورت ترکیبات آلی مختلفی مانند چوب و ذغال سنگ ذخیره سازی می شود. اگر ترکیبات آلی سوخته شوند انرژی خیلی سریع به شکل نور و گرما آزاد شده و باعث از بین رفتن بیشتر از انرژی مفید می شوند. ولی در موجودات زنده ترکیبات انرژی دار طیّ چند مرحلهٔ آنزیمی سوزانده شده و مقادیر کمی از انرژی مفید را آزاد می کنند. این انرژی در ملکولهای ATP ذخیره شده و این ملکولها باعث می شوند تا انرژی به صورت خیلی مؤثّری در دسترس قرار گیرد و بطور دقیق کنترل شود.

1- Crassulacean acid Metabolism

۱ - اهمّیت تنفّس

تنفّس، پدیدهٔ آزادسازی انرژی است که در تمام سلّولهای فعّال در طول ۲۴ ساعت بدون توجّه به وقوع فتوسنتز و بطور همزمان با آن صورت می گیرد. تنفّس در سیتوپلاسم شروع شده و در میتوکندری خاتمه می یابد. انرژی در نتیجهٔ تجزیهٔ ملکولهای قند در طیّ مراحل آنزیمی متعدّدی آزاد می شود. برای شروع واکنشها به اکسیژن نیازی نیست، ولی در تنفّس هوازی (شکل متداولتر تنفّس) امکان تکمیل تنفّس بدون اکسیژن نمی باشد. انرژی آزاد شده بطور قابل ملاحظه ای کنترل می شود. دی اکسید کربن و آب محصولات جانبی این واکنشها می باشند. تنفّس هوازی در معادله زیر خلاصه می شود :

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \xrightarrow{\text{آنزیمها}} 6\,CO_2 + 6\,H_2O + E$$

گلوکز — اکسیژن — دی اکسید کربن — آب — انرژی

تنفّس بی هوازی و تخمیر، دو شکل تنفّس هستند که توسّط باکتریهای خاص و موجودات دیگر در غیاب گاز اکسیژن انجام می شوند. این اَشکال تنفّس، انرژی خیلی کمتری را نسبت به تنفّس هوازی آزاد می کنند. دو شکل تنفّس بی هوازی در حالات ترکیب هیدرژن آزاد شده از گلوکز با موادّ دیگر با یکدیگر تفاوت دارند (به بخش بعدی رجوع شود). تخمیر دارای اهمّیت ویژه ای خصوصاً در صنایع آبجوسازی است. دو نوع تخمیر که تا به حال شناخته شده است به صورت معادله های زیر، نشان داده می شوند :

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{آنزیمها}} 2\,C_2H_5OH + 2\,CO_2 + E$$

گلوکز — الکل اتیلیک — دی اکسید کربن — انرژی

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{آنزیمها}} 2\,C_3H_6O_3 + E$$

گلوکز — اسید لاکتیک — انرژی

مقدار نسبةً کمی از انرژی در این اَشکال تنفّس آزاد، و در دو ملکول ATP ذخیره می شوند. مقدار دقیقتر انرژی ذخیره شده تنها ۲۹ درصد حدود ۴۸ کیلو کالری انرژی است که در نتیجهٔ تنفّس بی هوازی آزاد می شود.

۲ - مقدّمه ای بر مراحل اصلی تنفّس

گلیکولیز

در بیشتر آشکال تنفّس هیدارتهای کربن، مرحلهٔ اوّل بدون نیاز به اکسیژن در سیتوپلاسم روی می دهد. این مرحله بنام گلیکولیز بوده و به سه قسمت تقسیم می شود و در هر قسمت چند واکنش آنزیمی روی می دهد. در طیّ گلیکولیز انرژی کمی آزاد شده و اتمهای هیدرژن به وسیلهٔ واکنشهای متوالی از ملکولهای مشتق شده از گلوکز جدا می شوند. آنچه که در این سری از واکنشهای پیچیده انجام می شود بطور خلاصه عبارتند از :

۱. در طیّ تعدادی واکنش، گلوکز، به فروکتوزی که دارای دو ملکول فسفات است تبدیل می شود.

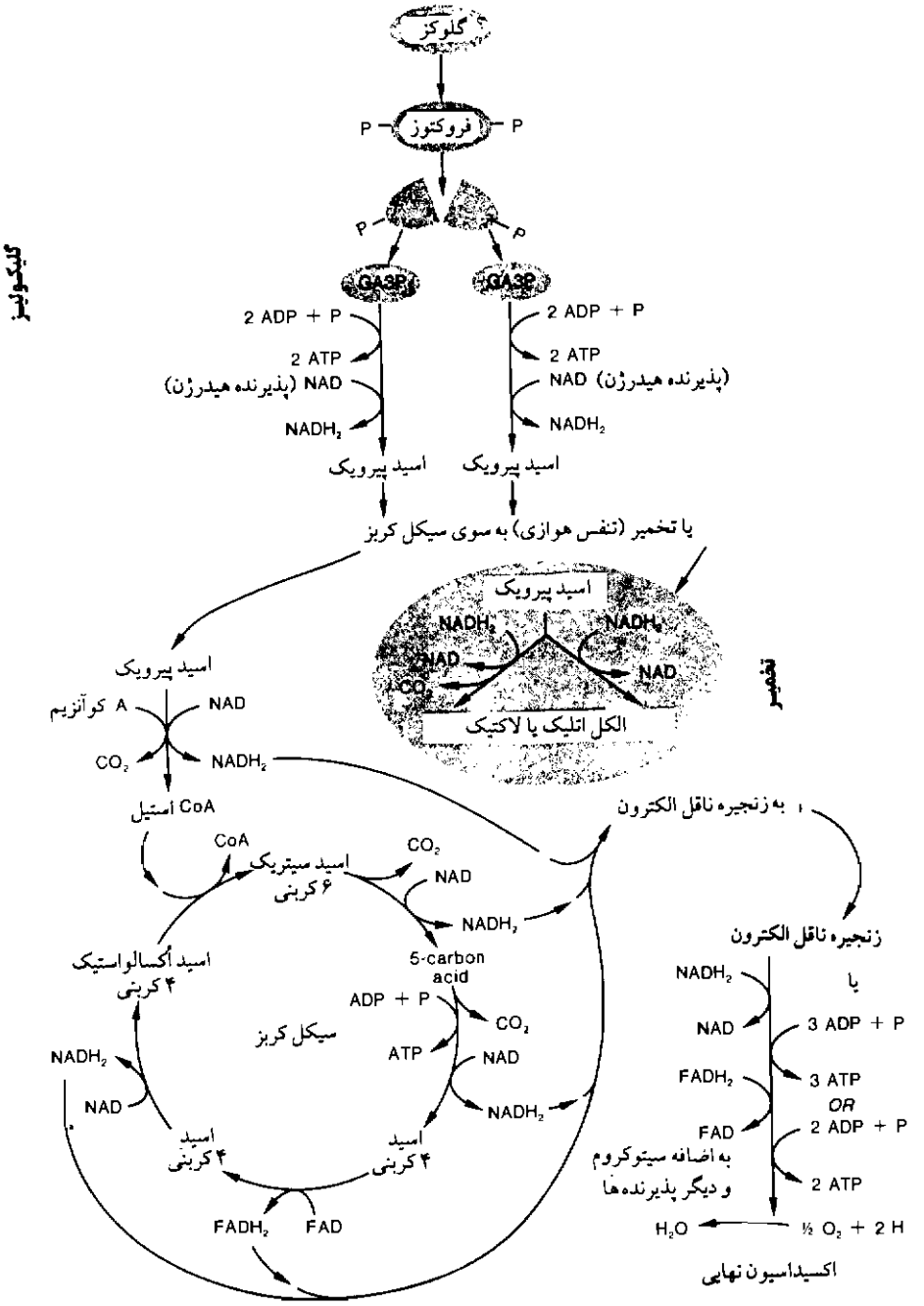
۲. این ملکول قند (فروکتوز) به دو ملکول سه کربنی (GA3P) شکسته می شود.

۳. مقداری هیدرژن، انرژی، آب از ترکیبات سه کربنی آزاد شده و در نتیجه تولید اسید پیرووِیک می شود (شکل ۸-۱۰).

انرژی مورد نیاز برای شروع مرحلهٔ گلیکولیز از دو ملکول ATP تأمین می شود. تا آن زمان که اسید پیرووِیک تولید می گردد ۴ ملکول ATP تولید می شود؛ لذا در مجموع دو ملکول ATP به دست می آید. مقادیر زیادی از انرژی موجود در ملکولهای گلوکز در اسید پیرووِیک باقی می ماند. یونهای هیدرژن و الکترون آزاد شده به وسیلهٔ پذیرندهٔ هیدرژن یعنی نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید (NAD) نگاهداری می شود. آنچه بعد اتّفاق می افتد بستگی به نوع تنفّس دارد که آیا تنفّس هوازی یا بی هوازی، و یا تخمیر باشد.

تنفّس هوازی

در تنفّس هوازی (متداولترین نوع تنفّس) بعد از گلیکولیز دو مرحلهٔ اصلی روی می دهد، چرخهٔ کربس و زنجیرهٔ انتقال الکترون. هر دو در میتوکندری صورت می گیرد و هرکدام دارای تعدادی مراحل کوچکتر می باشد که به وسیلهٔ آنزیمها کنترل می شوند.



شکل ۸-۱۰ خلاصه‌ای از واکنشهای تنفسی

چرخهٔ کربس

چرخهٔ کربس بنام هانس کربس (Hans Krebs) بیوشیمیست انگلیسی که در سال ۱۹۵۳ به خاطر کشف جزئیات تعدادی از واکنشهای تنفّسی به دریافت جایزهٔ نوبل نائل آمد نامیده می شود. این چرخه، بعضی اوقات نیز بنام چرخهٔ اسید آلی (اسید سیتریک) نامیده می شود زیرا در طیّ این مرحله چند اسید آلی نقش مهمی را ایفا می کنند.

قبل از آن که چرخهٔ کربس که درون مایع ماتریس کریستی میتوکندری انجام می شود شروع شود (به شکل ۹-۳ رجوع شود)، از اسید پیرووِیک تولید شده در گلیکولیز، CO_2 آزاد می شود. آنچه که باقی می ماند گروه استیل دو کربنی را می سازد. این گروه استیل با یک ملکول پذیرنده بنام کوآنزیم A (CoA) ترکیب می شود. این ترکیب (بنام استیل کوآنزیم A) سپس وارد چرخهٔ کربس که یک سری از واکنشهای شیمیایی آنزیمی است می شود. مقدار خیلی کمی از انرژی نهفته در گلوکز طیّ گلیکولیز آزاد می شود. ولی در چرخهٔ کربس پی در پی مقادیر کمی از انرژی و هیدرژن برداشت می شود. برداشت انرژی و هیدرژن از تعدادی اسیدهای آلی صورت می گیرد تا انرژی باقی مانده، به ملکولهایی نظیر $NADH_2$ (نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید)، یک ترکیب موقّتی ذخیره کنندهٔ انرژی، ATP ، $FADH_2$ (فلاوین آدنین دی نوکلئوتید) منتقل شود (به بخش ***نگاه دقیقتر به تنفّس*** رجوع شود). دی اکسید کربن به عنوان یک محصول جانبی هنگامی که چرخهٔ کربس در جریان است حاصل می شود.

زنجیرهٔ انتقال الکترون

بیشتر انرژی اوّلیهٔ موجود در ملکولهای گلوکز اکنون به هیدرژن و پذیرنده های الکترون NAD و FAD منتقل شده و تولید $NADPH_2$ و $FADH_2$ کرده اند. سپس الکترونهای هیدرژن ازطریق زنجیرهٔ انتقال الکترون که دارای ملکولهای گیرندهٔ الکترون بوده به غشای درونی میتوکندری عبور می نماید. ملکولهای گیرنده پروتئینهای آهن دار بنام سیتوکروم می باشند. در هر مرحله از زنجیره، بخشهای کوچکی از انرژی آزاد می شود. در نهایت از یونهای هیدرژن و الکترون و در اثر ترکیب آنها با اکسیژن هوا آب تولید می شود. ATP از ADP و P حاصل شده و انرژی در چند محل از زنجیر آزاد می گردد. مجدّداً به عنوان بخش نهایی تنفّس هوازی (به شکل ۸-۱۰ رجوع شود) از اکسیژن که به عنوان مصرف کنندهٔ هیدرژن زاید عمل می کند آب حاصل می شود.

در زمانی که فرایند تنفّس کامل شود در حقیقت انرژی قفل شده در ملکولهای گلوکز آزاد شده و در ملکولهای ATP ذخیره می شود. این ذخیرهٔ انرژی سپس در سنتز ملکولهای دیگر، رشد و نموّ، انتقال فعّال و گروهی از فرایندهای متابولیکی نقش دارد. تنفّس هوازی از یک ملکول گلوکز تولید ۳۶ ملکول ATP می کند، همچنین از ۶ ملکول اکسیژن استفاده و ۶ ملکول CO_2 و ۶ ملکول آب حاصل می شود. برای هر مول (mole) (۱۸۰ گرم) گلوکز در تنفّس هوازی ۶۸۶ کیلوکالری انرژی آزاد می شود که ۳۹ درصد آن در ملکولهای ATP ذخیره شده و بقیّه به صورت گرما به هدر می رود.

تنفّس بی هوازی و تخمیر

تعدادی از باکتریها، هم تخمیر، و هم تنفّس بی هوازی حقیقی را همزمان انجام می دهند؛ و بنابراین، مشکل است این دو مرحله را از هم تشخیص داد. بسیاری از کتب از واژه های تنفّس بی هوازی و تخمیر بطور تغییرناپذیری برای تنفّسی که در غیاب گاز اکسیژن انجام می گیرد استفاده می نمایند.

در بعضی از نمونه های زیستی ملکولهای گلوکز ممکن است بدون اکسیژن کافی مرحلهٔ گلیکولیز را طی کنند ولی تنفّس تکمیل نشود. در چنین حالتهایی هیدرژن آزاد شده در طیّ گلیکولیز به ملکولهای گیرندهٔ هیدرژن منتقل شده و بعد از تشکیل اسید پیرورویک مجّدداً به آن بر می گردند و تولید اسید لاکتیک یا الکل اتیلیک و ترکیبات مشابهی را می کنند. در پدیده های تخمیر و تنفّس بی هوازی حقیقی، مقدار کمی انرژی آزاد می شود، ولی بیشتر انرژی باقی مانده در الکل، اسید لاکتیک و ترکیبات تولید شده دیگر، قفل می شوند.

در تنفّس بی هوازی حقیقی، هیدرژنهایی که در طیّ گلیکولیز از ملکولهای گلوکز بیرون آمده اند با یک یون غیرآلی ترکیب می شوند. برای مثال هنگامی که باکتریهای گوگردی (درفصل ۱۶ بحث می شود) سولفات (SO_4) را به گوگرد (S) یا ترکیبات دیگر گوگردی تبدیل می کنند و یا هنگامی که باکتریهای سلّولزی خاص هیدرژن را با CO_2 ترکیب نموده تولید گاز متان (CH_4) می کنند.

برای ساخت چنین ترکیباتی، گاز اکسیژن لازم نیست؛ ولی تعدادی از موجودات زنده قادرند بدون اکسیژن و همچنین به وسیلهٔ انجام پدیدهٔ تخمیر که نوعی تنفّس بی هوازی می باشد

برای مدّت طولانی زیست نمایند. اگر اکسیژن در دسترس این موجودات قرار گیرد باقی ماندهٔ انرژی با تجزیهٔ بیشتر مواد می تواند آزاد شود. در طیّ تنفّس بی هوازی یا تخمیر، تنها حدود ۷ درصد مجموع انرژی ملکول گلوکز از آن جدا شده و بیشتر انرژی آن در ساخت الکل یا اسید لاکتیک به کار می رود و یا به صورت گرما به هدر می رود، تنها دو ملکول ATP ایجاد می شود (در مقایسه با ۳۶ ملکولATP در تنفّس هوازی).

سلّولهای زنده می توانند غلظت معیّنی از الکل را تحمّ کنند. به عنوان مثال در محیط کشت هنگامی که مخمّرها قند را تخمیر می کنند، چنانچه غلظت الکل بیش از ۱۲ درصد شود سلّولها می میرند و تخمیر متوقّف می شود. به همین دلیل، بیشتر مشروبات الکلی دارای غلظتی در حدود ۱۲ درصد الکل می باشند.

عوامل مؤثّر در میزان تنفّس

دما

دما نقش مؤثّری در وقوع واکنشهای گوناگون تنفّسی بازی می کند. برای مثال هنگامی که دمای هوا بین ۲۰°C (۶۸°F) تا ۳۰°C (۸۶°F) باشد مقدار تنفّس ۲ و یا حتّی ۳ برابر می گردد. در تنفّس سریع، انرژی ملکولهای قند سریعتر آزاد می شود و وزن کاهش می یابد. در گیاهان در حال رشد این کاهش وزن بیش از آن است که بتواند به وسیلهٔ قند حاصل از فتوسنتز، متعادل شود. ولی در میوه های چیده شده، دانه ها، و سبزیجات، تنفّس بدون جانشینی قند ادامه پیدا می کند و همچنین کاهش آب نیز رخ می دهد. سلّولهای تنفّسی انرژی ذخیره شده در نشاسته یا گلوکز را به ATP تبدیل می کنند؛ ولی بیشتر انرژی به شکل حرارت خارج شده و فقط ۳۹ درصد آن در ATP ذخیره می شود. اکثر غذاهای تازه که در یخچال نگاهداری می شوند نه تنها به دلیل این است که مقدار تنفّس و از دست دادن آب کاهش یابد بلکه گرما نیز پراکنده شود. پایین بودن دما همچنین برای جلوگیری از رشد و تولید مثل کپکها و باکتریهای تخریب کنندهٔ غذا، اهمّیت دارد.

گرما در حرارت بالاتر از ۳۵°C (۹۵°F) بشتر آنزیمها را غیرفعّال می کند. ولی تعدادی از موجودات مثل باکتریها یا جلبکهای سبز آبی قادرند تا دمای ۶۰°C (۱۴۰°F) را نیز تحمّل نمایند. چنین گرمایی دیگر موجودات مشابه را تقریباً بطور آنی خواهد کشت.

آب

آب، درون سلّولها و اندامکهای آنها به‌عنوان محیطی برای واکنشهای آنزیمی عمل می‌کند. سلّولهای زنده غالباً بیش از ۹۰ درصد آب دارند و آب سلّولهای بالغ دانه‌ها ممکن است کمتر از ۱۰ درصد باشد. وقتی که اندازهٔ آب در سلّولها تا این حد کاهش یابد تنفّس کاملاً متوقّف نمی‌شود ولی میزان آن به شدت کاهش می‌یابد. در نتیجه مقادیر کمی گرما و دی‌اکسید کربن آزاد می‌شود. دانه‌ها ممکن است در شرایط خشک، خاصیت جوانه‌زنی خود را تا سالها حفظ کنند. ولی اگر در تماس با آب قرار گیرند در اثر جذب آب متورّم می‌شوند، لذا میزان تنفّس بسرعت افزایش می‌یابد. اگر دانه‌های مرطوب در دمایی بالاتر از سردخانه نگاهداری شوند درجهٔ حرارت افزایش یافته و دانه‌ها می‌میرند. اگر قارچها و باکتریها روی دانه شروع به رشد کنند، درجهٔ حرارت در نتیجهٔ تنفّس آنها بالا رفته و ممکن است گاهی منجر به آتش‌سوزی خودبه‌خودی شود.

اکسیژن

اگر در اثر آب فراوان (غرقاب) ریشه‌های درختان و گیاهان خانگی با کمبود اکسیژن مواجه شوند میزان تنفّس کاهش یافته و رشد متوقّف می‌شود. اگر چنین شرایطی برای مدّت طولانی ادامه یابد ممکن است این گیاهان بمیرند. ولی در مورد موادّ غذایی ذخیره شده پایین بودن اکسیژن برای کاهش تنفّس بسیار مطلوب است. برای مقاصد تجاری همراه با پایین بودن دما و رطوبت، مقدار اکسیژن را در انبارها به وسیلهٔ پمپاژ کردن گاز ازت به میزان ۱ تا ۳ درصد کاهش می‌دهند. غلظت اکسیژن از یک درصد کمتر نمی‌شود زیرا می‌تواند باعث تخمیر ناخواسته بشود.

۳- نگاه دقیقتر به تنفّس

تنفّس شبیه فتوسنتز یک فرایند پیچیده بوده و همانند فتوسنتز توضیحات بیشتر مربوط به آن از بحث این کتاب خارج است. در این جا یک سری اطّلاعات داده شده، ولی اگر کسی به اطّلاعات بیشتر نیاز دارد می‌تواند به فهرست منابع در پایان فصل مراجعه نماید.

بررسی مجدّد گلیکولیز

همان طور که قبلاً توضیح داده شد، گلیکولیز اوّلین مرحله از تمام آشکال تنفّس می باشد و در آن ملکول ۶ کربنی گلوکز به دو ملکول ۳ کربنی اسید پیرورویک در طیّ سه مرحلهٔ آنزیمی تبدیل می شود. سه مرحلهٔ اصلی عبارتند از : ۱- فسفوریلاسیون که در آن قند ۶ کربنی، فسفات جذب می کند؛ ۲- شکستن قند که طیّ آن فروکتوز ۶ کربنی به دو قند سه کربنی تقسیم می شود؛ ۳- تشکیل اسید پیرورویک که اکسیداسیون قندهای سه کربنی می باشد.

انرژی مورد نیاز گلیکولیز که همچنین گروه فسفات لازم را برای عمل فسفوریلاسیون قند (گلوکز)، گلوکز ـ ۶- فسفات تأمین می کند به وسیلهٔ یک ملکول ATP شروع می شود. ATP دیگری به کمک یک آنزیم تولید ۱ و ۶- فروکتوز دی فسفات را می کند و سپس فروکتوز ۱ و ۶- دی فسفات به دو قند سه کربنی متفاوت شکسته می شود؛ ولی سرانجام فقط دو ملکول گلیسرآلدئید ۳- فسفات (GA3P) باقی می ماند. این دو قند ۳ کربنی به دو اسید ۳ کربنی اکسید شده و بطور پی در پی گروههای فسفات از اسید برداشته می شوند. گروههای فسفات با ADP ترکیب شده و طی گلیکولیز تولید دو ملکول ATP می کنند. به علاوه هیدرژن در اثر اکسید شدن GA3P از آن حذف می شود و توسّط ملکول پذیرنده هیدرژن بنام نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید (NAD^+) جمع آوری شده و به $NADH_2$ (شکل صحیح آن $NADH + H^+$ می باشد) تبدیل می شود. گلیکولیز به گاز اکسیژن نیازی ندارد در شکل ۸-۱۰ بطور اختصار توضیح داده شده است.

توضیح مجدّد چرخهٔ کربس

قبل از این که ملکول اسید پیرورویک درون میتوکندری وارد چرخهٔ کربس شود یک ملکول CO_2 آزاد شده و یک ملکول $NADH_2$ تولید می شود و جزء آستیل را باقی می گذارد. جزء دو کربنی استیل با ملکول درشت کوآنزیم A (Acetyl CoA) متّصل می شود. کوآنزیم A دارای ترکیبی از اسید پانتوتنیک (ویتامین B) و یک نوکلئوتید می باشد. اسید پانتوتنیک یکی از چندین ویتامین B هست که برای تنفّس گیاهان و جانوران ضروری است. دیگر ویتامینهای B شامل ویتامین B۱ ، نیاسین، و ریبوفلاوین می باشند. معادلهٔ زیر سرانجام دو ملکول اسد پیرورویک را پس از گلیکولیز و قبل از ورود به چرخهٔ کربس خلاصه می کند.

$$۲\ CO_۲ + ۲\ NADH_۲ + ۲ \text{ استیل CoA} \longleftarrow ۲\ NAD + ۲\ CoA + ۲ \text{ ملکول اسید پیرووِیک}$$

علاوه بر اسید پیرووِیک، چربیها و اسیدهای آمینه نیز قادرند به استیل کوآنزیم A تبدیل شده و وارد چرخهٔ کربس شوند (شکل ۸-۱۰).

ملکولهای $NADH_۲$ هیدرژنهای خود را به زنجیرهٔ انتقال الکترون (در بخش بعد توضیح داده شده) می دهند و استیل CoA وارد چرخهٔ کربس می شود.

در چرخهٔ کربس ابتدا استیل کوآنزیم A با اسید اگزالواستیک (یک ترکیب ۴ کربنی) ترکیب شده و تولید اسید ستیریک (یک ترکیب ۶ کربنی) می کند. سپس چرخه به صورت دوره ای ادامه پیدا می کند. یک دی اکسید کربن آزاد می شود و ترکیب ۵ کربنی ایجاد می گردد. بعد از آن دی اکسید کربن دیگری آزاد شده و تولید ترکیب ۴ کربنی می شود. این ترکیب ۴ کربنی در طیّ واکنشهای اضافی که روی آن صورت می گیرد مجدّداً به اسید اگزالواستیک مادّه ای که در شروع چرخهٔ کربن به کار می رود تبدیل شده و چرخه تکرار می شود. هر چرخهٔ کامل، از یک گروه استیل دو کربنی استفاده کرده ۲ ملکول دی اکسید کربن آزاد می کند در حالی که یک ملکول اسید اگزالواستیک برای آغاز چرخش بعدی بازسازی می شود. مقداری هیدرژن در طیّ این مرحله، از ترکیبات آلی حذف شده و توسّط ملکولهای گیرندهٔ هیدرژن فلاوین آدنین دی نوکلئوتید (FAD) و همچنین NAD جمع می شود. در هر چرخه یک ملکول ATP، سه ملکول $NADH_۲$، یک ملکول $FADH_۲$ تولید می شود. چرخهٔ کربس در معادله زیر خلاصه می شود:

$$\text{اسید اگزالواستیک} + ۲\ CO_۲ + ۳\ NADH_۲ + FADH_۲ + ATP + CoA + \text{اسید اگزالواستیک} \longleftarrow ۳\ NAD^+ + FAD + ADP + P + \text{استیل CoA}$$

هیدرژن گرفته شده توسّط NAD و FAD به گروه استیل و آب اضافه شده به بعضی از ترکیبات موجود در چرخهٔ کربس بر می گردد.

زنجیرهٔ انتقال الکترون و فسفوریلاسیون اکسیداتیو

بعد از کامل شدن چرخهٔ کربس ملکول گلوکز بطور کلّی از هم پاشیده شده و مقداری از انرژی آن به ملکولهای ATP منتقل می شود. هنگامی که NAD^+ و FAD، هیدرژن و الکترون را از مشتقّات گلوکز در طیّ گلیکولیز و چرخهٔ کربس جذب می کنند مقدار قابل ملاحظه ای

از این انرژی به هنگام عبور هیدرژن و الکترون از زنجیرهٔ انتقال الکترون آزاد می شود. در طول این زنجیره همانند زنجیرهٔ انتقال الکترون در فتوسنتز الکترونها از منبعشان به سوی مقصد حرکت می کنند. چند ناقل الکترون در این زنجیره سیتوکرومها هستند. آنها خیلی اختصاصی عمل کرده و هنگامی که الکترون در زنجیره جریان یافت آن را به پذیرندهٔ اختصاصی بعدی منتقل می کنند. زمانی که الکترون به پایان مسیر رسید به وسیلهٔ اکسیژن جمع آوری شده و با یونهای هیدرژن ترکیب و در پایان تشکیل ملکولهای آب را می دهند.

بخشی از انرژی که در طیّ حرکت الکترونها در زنجیرهٔ انتقال الکترون آزاد می شود در مرحله ای بنام فسفوریلاسیون اکسیداتیو برای ساختن ATP به کار می رود. اگر انتقال یون هیدرژن و الکترون با $NADH_2$ که درون میتوکندری تولید شده است (یعنی در حال تبدیل اسید پیرورویک به استیل کوآنزیم A و در طیّ چرخهٔ کربس) شروع شود، ۳ ملکول ATP به ازای هر ملکول $NADH_2$ انرژی تولید می شود. بطور مشابه اگر انتقال یون هیدرژن و الکترون با $FADH_2$ یا $NADH_2$ خارج میتوکندری (یعنی طیّ گلیکولیز) آغاز شود، دو ملکول ATP حاصل می شود.

حالتی که در آن ATP طیّ زنجیرهٔ انتقال الکترون تنفّسی تولید می شود به صورت کمیواسمز به کار رفته قابل توجیه می باشد که قبلاً در حرکت پروتون از عرض غشای تیلاکوئیدی به کار برده شد در مورد فسفوریلاسیون نوری نیز اهمّیت دارد. در سالهای اخیر شواهد زیادی برای مستحکم کردن این نظریه که در سال ۱۹۶۰ به وسیلهٔ بیوشیمیست انگلیسی بنام پیتر میشل پیشنهاد شد، در زنجیرهٔ انتقال الکترون به دست آمده است. برطبق این تئوری فسفوریلاسیون اکسیداتیو توسّط تراکم پروتون (H^+) که توسّط کمیواسمز در عرض غشای داخلی میتوکندری جریان می یابد شدّت می گیرد. میشل که در سال ۱۹۷۸ به خاطر تحقیقاتش جایزهٔ نوبل دریافت داشت حدس زد هنگامی که الکترونها از منبع اصلی خود ملکولهای $NADH_2$ که در غشای داخلی میتوکندری قرار دارند در طیّ زنجیرهٔ انتقال الکترون جریان می یابند، پروتونها از ماتریس میتوکندری به درون منطقه ای در بین غشای میتوکندری پمپاژ می شوند (به شکل ۷-۳ رجوع شود). عقیده براین است که مجدّداً ازطریق کانالهایی که به وسیلهٔ کمپلکسهای آنزیمی ایجاد می شود، به سوی ماتریس بر می گردند و انرژی آزاد شده از آنها در ساخت ATP به کار می رود.

اگر مجدّداً به فرایند تنفّس هوازی برگردیم می بینیم که گلیکولیز ایجاد ۴ ملکول ATP و ۲ ملکول $NADH_2$ (که از آن ۴ ملکول ATP دیگر تولید می شود) و مجموعاً ۸ ملکول ATP

در اثر تبدیل گلوکز به اسید پیرورویک حاصل می شود. با حذف ۲ ملکول ATP که در شروع گلیکولیز به کار می رود ۶ ملکول ATP به دست می آید.

هنگامی که در میتوکندری دو ملکول اسید پیرورویک به دو استیل کوآنزیم A تبدیل می شود دو ملکول $NADH_2$ (که منشأ ۶ ملکول ATP خواهد بود) تولید می شود. دو ملکول استیل کوآنزیم A در چرخهٔ کربس مصرف شده و دو ملکول ATP ، دو ملکول $FADH_2$ (که از آن ۴ ملکول ATP حاصل می شود) و ۶ ملکول $NADH_2$ (که تولید ۱۸ ملکول ATP می کند) به وجود می آید، یک ملکول گلوکز ایجاد ۳۶ ATP را می نماید. ۳۶ ملکول ATP ۳۹ درصد انرژی اوّلیه ملکول گلوکز است. انرژی باقی مانده به صورت گرما به هدر می رود. با این حال تنفّس هوازی ۶ برابر تنفّس بی هوازی کارآیی دارد.

خلاصهٔ مقایسه ای بین فتوسنتز و تنفّس در جدول ۱-۱۰ ارائه شده است.

جدول ۱-۱۰ خلاصه مقایسه‌ای بین پدیده های فتوسنتز و تنفس

فتوسنتز	تنفس
۱- انرژی در ملکولهای قند ذخیره می شود	۱- انرژی از ملکولهای قند رها می شود
۲- دی اکسید کربن و آب مورد استفاده قرار می گیرد	۲- دی اکسید کربن و آب آزاد می شوند
۳- وزن اضافه می شود	۳- وزن کم می شود
۴- تنها در حضور نور رخ می دهد	۴- در نور و در تاریکی هر دو رخ می دهد
۵- تنها در سلولهایی رخ می دهد که حامل کلروپلاست هستند*	۵- در کلیه سلولهای زنده رخ می دهد
۶- تنها درون کلروپلاستها رخ می دهد که خاص سلولهای یوکاریوتیک می باشند*	۶- درون سیتوپلاسم (گلیکولیز) و درون میتوکندری که خاص سلولهای یوکاریوتیکی هستند (در رابطه با تنفس هوازی) رخ می دهد
۷- در گیاهان سبز تولید اکسیژن می شود	۷- در تنفس هوازی اکسیژن مورد استفاده قرار می گیرد
۸- در نتیجه انرژی نورانی تولید ATP می شود	۸- در نتیجه انرژی آزاد شده از قند تولید ATP می شود

* در سلولهای پروکاریوتیکی در سطح پرده های تیلاکوئیدی نیز رخ می دهد (مترجم)

جذب و گوارش

قندهای تولید شده در فتوسنتز ممکن است تغییرات زیادی بنمایند. بعضی قندها مستقیماً در تنفّس استفاده می شوند، ولی بقیّه که در تنفّس استفاده نمی شوند، به لیپیدها، پروتئینها، و هیدراتهای کربن دیگری تبدیل می شوند. مهمترین هیدراتهای کربن که از قندهای ساده ساخته

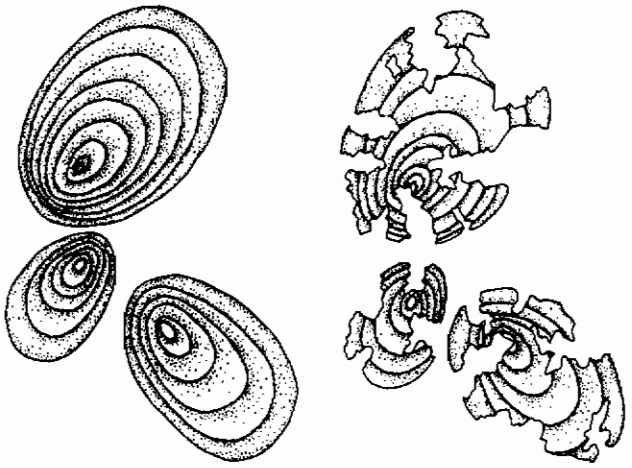
می شوند. ساکارز، نشاسته، و سلّولز هستند. بیشتر موادّ آلی تولید شده در فتوسنتز، در ساختمان پروتوپلاسم و دیوارهٔ سلّولی به کار می روند. این پدیده *تبدیل جذب* نامیده می شود. انرژی آزاد شده از تنفّس نه تنها در مراحل تشکیل چربیها، پروتئینها، و هیدراتهای کربن پیچیده شرکت دارند بلکه در تولید محصولاتی مانند رزینها، صمغها، روغنها، داروها، رنگها، اسیدها، و تانّنها دخالت دارند. ظرفیت جذب اساساً از ویژگی موجودات زنده می باشد ولی هنوز جزئیات بیشتری از آن شناخته نشده است.

هنگامی که فتوسنتز انجام می شود قند ممکن است سریعتر از مصرف و انتقال آن به نقاط مختلف گیاه، تولید شود و موقّتاً در کلروپلاستها ذخیره شده و سپس به شکل محلول تغییر کند و به سلّولهای دیگر منتقل گردد. تبدیل نشاسته و هیدراتهای کربن نامحلول به شکل محلول تحت عنوان گوارش مطرح می شود (شکل ۹-۱۰). این مرحله تقریباً همیشه یک نوع هیدرولیز است که در آن آب جذب شده و به کمک آنزیمها ملکولهایی نظیر نشاسته و هیدراتهای کربن مشابه شکسته شده و به قندهای ساده تبدیل می شوند. مثلاً قند دی ساکارید جوانه جو (مالتوز) به کمک یک آنزیم (مالتاز) و اضافه شدن یک ملکول آب به دو ملکول گلوکز مطابق فرمول زیر تغییر می یابد:

$$\underset{\text{مالتوز}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + \underset{\text{آب}}{H_2O} \xrightarrow[\text{(آنزیم)}]{\text{مالتاز}} 2\,\underset{\text{گلوکز}}{C_6H_{12}O_6}$$

چربیها به ترکیبات تشکیل دهنده شان یعنی اسیدهای چرب و گلیسرل، و همچنین پروتئینها به واحدهای ساختمانی خود یعنی اسیدهای آمینه تجزیه می شوند. گوارش در هر سلّولی که دارای ذخیرهٔ غذایی است صورت می گیرد، که در طیّ آن مقدار انرژی آزاد شده خیلی ناچیز است. در جانوران اندامهای گوارشی ویژه ای عمل گوارش را برعهده دارند ولی در گیاهان چنین کمکهای اضافی در جهت گوارش وجود ندارد. در هر صورت در گیاهان و جانوران گوارش درون سلّولی مشابه بوده و یک بخش طبیعی متابولیسم می باشد.

در گیاهان گوارش درون سلّولهایی که هیدراتهای کربن، چربیها، و پروتئینها ذخیره شده است (بجز در گیاهان حشره خوار) انجام می شود در حالی که در جانوران گوارش معمولاً در خارج سلّولها و در سیستم گوارشی انجام می شود. ولی گذشته از محلّ انجام واکنشها گیاه و جانور داری اساس گوارشی یکسانی می باشند.



(ب) (الف)

شکل ۹-۱۰ دانه‌های نشاسته. الف ـ قبل از گوارش. ب ـ بعد از یك مرحله گوارش.

خلاصه

۱. فتوسنتز، یک فرایند ذخیرهٔ انرژی است که به وسیلهٔ کلروپلاستهای محتوی کلروفیل و در حضور نور دی اکسید کربن را با آب ترکیب می کند. در حقیقت، کلّ حیات به فتوسنتز وابسته است که در کلروپلاستهای تمام موجودات یوکاریوتیک آب زی و خشک زی روی می دهد.

۲. دی اکسید کربن برای فتوسنتز از میزان ثابت ۰٫۰۳۵ درصد دی اکسید کربن اتمسفر حاصل می شود، کمتر از یک درصد آب جذب شده به وسیلهٔ گیاه در فتوسنتز استفاده می شود و همچنین از نورهای آبی ـ بنفش تا طول موجهای قرمز ـ نارنجی استفاده می شود.

۳. تمام ملکولهای کلروفیل، یک اتم منیزیم دارند. کلروفیل a مهمترین رنگدانه در اکثر برگهاست، کلروفیل b، c، d، و e، کاروتنها، فیلوبیلینها، و رنگدانه های دیگر، به فتوسنتز امکان می دهد تا از طیف وسیعتری از نور نسبت به حضور کلروفیل a تنها، استفاده کند.

۴. درکلروپلاستها، ملکولهای رنگدانهٔ مختلفی به واحدهای فتوسنتزی دسته بندی می شوندکه در واکنشهای نوری، مهمترین مرحلهٔ فتوسنتز شرکت می کنند.

۵. در طیّ واکنشهای نوری فتوسنتز، ملکولهای آب شکسته شده و گاز اکسیژن رها می شود، یونهای هیدرژن، و الکترونها از آب آزاد شده و برای ساختن $NADPH_2$ و ذخیرهٔ انرژی ATP منتقل می شوند.

۶. در واکنشهای تاریکی، دی‌اکسید کربن با RuBP ترکیب می شود، و این ترکیب قند ۶ کربنی می سازد. $NADPH_2$ و ATP تولید شده در مرحلهٔ نوری، انرژی و موادّ مورد نیاز برای واکنشهای تاریکی را آماده می سازند. اوّلین مادّهٔ تولید شده در واکنشهای تاریکی معمولاً یک ترکیب سه کربنی می باشد، ولی بعضی از گیاهان بیابانی و گرمسیری به جای آن یک ترکیب ۴ کربنی تولید می کنند.

۷. بررسی نزدیکتر فتوسنتز نشان می دهد که دو نوع از واحدهای فتوسنتزی وجود دارند، که مجموعاً شامل فتوسیستمهای I و II بوده که در اکثر کلروپلاستها وجود دارند. هر فتوسیستم دارای یک ملکول مرکزی واکنشگر کلروفیل a است که نسبت به انرژی فتون نوری عمل می کند و یک الکترون را به سطح انرژی بالاتر می فرستد.

۸. در فتوسیستم II، این الکترون تحریک شده توسّط فئو و سپس Q، یک پذیرندهٔ الکترون جمع می شود، که آن را به یک سیستم انتقال الکترون شامل سیتوکرومها و ملکولهای دیگری آزاد می کند، سپس الکترون حاصل از میان ملکول ناقل خاص پلاستوسیانین، عبور می کند. الکترون از دست رفته ملکول کلروفیل a واکنشگر مرکزی به وسیلهٔ یک الکترون از یک دهندهٔ الکترون جانشین می شود. کمبود الکترون ملکول دهنده توسّط الکترونهای حاصل از شکافته شدن ملکولهای آب جبران شده و اکسیژن آزاد می شود.

۹. عبور الکترون از میان زنجیرهٔ انتقال در طیّ عمل فتوسنتز و حرکت فوتون از عرض غشاهای تیلاکوئید، هر دو با تولید ATP همراه هستند. یک سری مشابه از این پدیده ها در فتوسیستم I نیز وجود دارد که در آن جا الکترون تحریک شده یا به ملکول فعّال خاصّی داده می شود (جریان چرخه ای الکترون) و یا به $NADP^+$ که با الکترونهای حاصل از شکافته شدن ملکولهای آب اوّلیه در فتوسیستم II، $NADPH_2$ را می سازد، منتقل می شود (جریان چرخه ای الکترون).

۱۰. در واکنشهای تاریکی که در استروماهای کلروپلاست روی می دهد، ترکیب RuBP و دی اکسید کربن ابتدا به ۱۲ ملکول PGA شکسته می شود، سپس GA3P مجدّداً به RuBP تبدیل می شود. دو ملکول GA3P باقی مانده اساس افزایش وزن خالص هیدراتهای کربن یا افزایش لیپیدها، و اسیدهای آمینه را تشکیل می دهد.

۱۱. در گیاهانی که مسیر ۴ کربنی دارند (گیاهان C_4) در مرحلهٔ تاریکی به جای PGA سه کربنی ابتدا اسید اگزالاستیک ۴ کربنی تولید می شود. گیاهان C_4 دارای کلروپلاستهای درشت محتوی آنزیم RuBP کربوکسیلاز در سلّولهای غلاف آوندی و کلروپلاستهای کوچک در مزوفیل برگ می باشند که محتوی غلظتهای بالاتری از PEP کربوکسیلاز نسبت به گیاهان C_3 می باشد. غلظتهای بالای PEP کربوکسیلاز به دی اکسید کربن در غلظتهای بسیار پایینتر از گیاهان C_3 اجازهٔ تبدیل به هیدرات کربن را می دهد.

۱۲. در گیاهان بیابانی که فتوسنتز CAM دارند، ترکیب ۴ کربنی که در شب در بافت کلرانشیمی انباشته می شود در طیّ روز مجدّداً به دی اکسید کربن تبدیل گردیده و اجازه می دهد تا فتوسنتز منظّمی صورت گیرد. این پدیده برای گیاهانی که روزنه های بسته در روز دارند یک مزیّت محسوب شده است. بنابراین، آنها به دی اکسید کربن کمتری نیاز دارند.

۱۳. تنفّس یک فرایند آزادسازی انرژی است که در میتوکندری و سیتوپلاسم سلّولها صورت می گیرد. انرژی از قندهای ساده و ملکولهای اسید به کمک آنزیم آزاد می شود.

۱۴. در تنفّس هوازی، برای آزادسازی تمام انرژی ذخیره شده نیاز به اکسیژن است و دی اکسید کربن و آب محصولات جانبی این پدیده محسوب می شوند.

۱۵. تنفّس بی هوازی و تخمیر به گاز اکسیژن نیاز ندارد و انرژی بسیار کمتری حاصل می شود. انرژی باقی مانده در الکل اتیلیک، اسید لاکتیک و یا مواد مشابه دیگر تولید شده ذخیره است. مقداری از انرژی آزاد شده در ملکولهای ATP ذخیره می شود. درجهٔ حرارت، آب موجود، و اکسیژن محیط، همگی در میزان تنفّس دخالت دارند.

۱۶. در طیّ گلیکولیز که در تمام انواع تنفّس متداول است و به هیچ اکسیژن ملکولی نیاز ندارد، دو فسفات به یک ملکول قند ۶ کربنی اضافه شده و ملکول حاصل به دو ملکول قند سه کربنی (GA3P) تجزیه می شود. مقداری هیدرژن، انرژی، و آب از ملکول GA3P گرفته شده، سرانجام اسید پیرو ویک تولید می شود. به این صورت دو ملکول ATP تولید

می گردد. یونهای هیدرژن و الکترونهای آزاد شده در طیّ گلیکولیز توسّط NAD ، یک ملکول پذیرندهٔ هیدرژن، جمع آوری شده و به $NADH_2$ تبدیل می شود.

۱۷. در تنفّس هوازی، اسید پیرووِیک، دی اکسید کربن را از دست داده و نوسازی شده و با کوآنزیم A ترکیب شده و تشکیل استیل کوآنزیم A را می دهد. این مادّه وارد چرخهٔ کربس که به همراه واکنشهای آنزیمی یک سری از اسیدهای آلی است، می شود و در طیّ آن، انرژی، دی اکسید کربن و هیدرژن، آزاد می گردد.

۱۸. $NADH_2$ هیدرژن به دست آمده در طیّ گلیکولیز و چرخهٔ کربس را در زنجیرهٔ انتقال الکترون عبور می دهد؛ در ضمن این مرحله مقادیر کمی از انرژی آزاد شده و بخشی در ملکولهای ATP ذخیره می شود. در مرحلهٔ نهایی تنفّس هوازی هیدرژن با گاز اکسیژن ترکیب شده و تشکیل آب می دهد.

۱۹. تنفّس بی هوازی از تخمیر متفاوت است بدین صورت که هیدرژنی که طیّ گلیکولیز از گلوکز آزاد شده با یک یون غیرآلی در پدیدهٔ ناهوازی ترکیب شده، در حالی که در پدیدهٔ تخمیر هیدرژن با اسید پیرووِیک و یا با یکی از مشتقّات آن ترکیب می شود. هر دو پدیده در غیاب اکسیژن رخ می دهد و تنها ۷ درصد از کلّ انرژی گلوکز برای به دست آمدن تنها ۲ ملکول ATP آزاد می شود.

۲۰. با یک نگاه دقیقتر متوجّه خواهیم شد که در تنفّس دو ملکول $NADPH_2$ و دو ملکول ATP در طیّ گلیکولیز هنگامی که دو ملکول ۳ کربنی پیرووِیک از یک ملکول گلوکز تشکیل می شود به دست می آید. یک ملکول دیگر $NADH_2$ هنگامی به وجود می آید که ملکول اسید پیرووِیک مجدّد تشکیل می شود (یک ملکول دی اکسید کربن از دست می دهد)، سپس با کوآنزیم A ترکیب شده و قبل از ورود به چرخهٔ کربس استیل کوآنزیم A را تشکیل می دهد.

۲۱. در چرخهٔ کربس استیل کوآنزیم A با اسید اگزالواستیک، یک ترکیب ۴ کربنی ترکیب شده ابتدا یک ترکیب ۶ کربنی، سپس یک ترکیب ۵- کربنی، و در نهایت چند ترکیب ۴- کربنی را ایجاد می کند. بعد از چند مرحله، آخرین ترکیب ۴- کربنی اسید اگزالاستیک می باشد. دو ملکول دی اکسید کربن نیز در طیّ این پدیده آزاد می شود.

۲۲. بعضی از هیدرژنهایی که در چرخهٔ کربس آزاد شده به وسیلهٔ ملکولهای پذیرندهٔ هیدرژن یعنی FAD و NAD^+ برداشته شده و در یک چرخهٔ کامل، یک ملکول ATP ، ۳ ملکول

$NADH_2$ و یک ملکول $FADH_2$ تشکیل می شود. انرژی همراه الکترونها و یا با هیدرژن که به وسیلهٔ NAD^+ و FAD برداشته شده است هنگامی که الکترونها از زنجیرهٔ انتقال الکترونها می گذرند تدریجاً آزاد می شود. بعضی از این انرژیها در طیّ فسفوریلاسیون اکسیداتیو به ATP منتقل می شوند.

۲۳. انرژی که در سنتز ATP به کار می رود در طیّ فسفوریلاسیون اکسیداتیو ظاهراً از پروتونهایی که در غشای درونی میتوکندری هنگامی که الکترونها در زنجیرهٔ انتقال الکترونها حرکت می کنند به دست می آید و این پدیده کمیواسمز نامیده شده است.

۲۴. مجموعاً تعداد ۳۸ ملکول ATP از یک ملکول گلوکز در طیّ یک تنفّس هوازی کامل به دست می آید. ۲ ملکول ATP برای شروع پدیده نیاز است، لذا ۳۶ ملکول ATP دریافتی خالص می باشد.

۲۵. تبدیل قند فتوسنتزی، به چربیها، پروتئینها، و هیدراتهای کربن پیچیده و دیگر ترکیبات جذب نامیده می شود. جذب درون سلّولهای گیاهی به کمک آنزیمها صورت می گیرد. در طیّ پدیدهٔ جذب ملکولهای بزرگ غیرمحلول ازطریق هیدرولیز به ملکولهای کوچکتر و قابل حل تشکیل شده که به سایر قسمتهای گیاه انتقال می یابند.

پرسشهای یادآوری

۱. در واکنشهای نوری فتوسنتز، چه اتّفاقی می افتد؟
۲. آب، نور، دی اکسید کربن و کلروفیل، چه نقشهایی در فتوسنتز دارند؟
۳. گلیکولیز چیست؟
۴. چه اختلافی بین تنفّس هوازی، تنفّس بی هوازی و تخمیر، وجود دارد؟
۵. دما، آب و اکسیژن، چگونه تنفّس را تحت تأثیر قرار می دهند؟
۶. گوارش و جذب را توضیح دهید.

پرسشهای تشریحی

۱. چون گیاهان ظاهراً از افزایش کمی در مقدار دی اکسید کربن موجود بهرهٔ بهتری می گیرند آیا فکر می کنید در حقّ گیاهان آپارتمانی مورد علاقه تان لطفی کرده اید اگر مکرّراً در مجاورت آنها تنفّس کنید؟

۲. اگر واکنشهای تاریکی فتوسنتز می توانند در معرض نور نیز انجام شوند پس چرا آنها را *واکنشهای تاریکی* نام نهاده اند؟

منابع اضافی

Clayton, R. K. 1981. *Photosynthesis: physical mechanisms and chemical patterns.* Fair Lawn, NY: Cambridge University Press.

Danks, S. M., et al. 1984. *Photosynthetic systems: structure, function, and assembly.* New York: Wiley-InterScience.

Douce, R., and D. A. Day, eds. 1985. *Higher plant cell respiration.* New York: Springer-Verlag.

Fong, F. K., ed. 1982. *Light reaction path of photosynthesis.* New York: Springer-Verlag.

Galston, A. W., P. J. Davies, and R. L. Satter. 1980. *The life of the green plant,* 3d ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Gregory, R. P. 1989. *Photosynthesis.* New York: Routledge, Chapman and Hall, Inc.

Lehninger, A. L. 1975. *Biochemistry: the molecular basis of all structure and function,* 2d ed. New York: Worth Publishers, Inc.

Salisbury, F. B., and C. W. Ross. 1985. *Plant physiology,* 3d ed. Belmont, CA: Wadsworth, Inc.

Ting, I. P., and M. Gibbs, eds. 1982. *Crassulacean acid metabolism.* Rockville, MD: American Society of Plant Physiologists.

Walker, D. 1979. *Energy, plants and man: an introduction to photosynthesis in C_3, C_4 and CAM plants.* Philadelphia: International Ideas, Inc.

Zelitch, I. 1971. *Photosynthesis, photorespiration and plant productivity.* San Diego, CA: Academic Press.

فصل یازدهم ـ رشد

رؤوس مطالب

برخی اهداف فراگیری
نظر اجمالی
مقدّمه
هورمونهای گیاهی
اکسینها
جیبرلینها
سیتوکنینها
اسید آبسسیک
اتیلن
تداخلهای هورمونی
چیرگی انتهایی ساقه
پیری
تداخلهای دیگر
حرکات گیاهی
حرکات ناشی از رشد
حرکات ناشی از محرّکهای داخلی
حرکات حلزونی (مارپیچی)
حرکات نوسانی
حرکات چرخشی
حرکات انقباضی
حرکات ناستیکی
حرکات ناشی از محرّکهای خارجی
گرایش به نور
گرایش به جاذبه زمین
گرایشهای دیگر
حرکات تورژانسی
حرکات خواب
حرکات حفظ آب
حرکات تماسی
تاکسیسمها
حرکات متفرقه
فیتوکروم
فتوپریودیسم (تناوب نوری)
فلوریژن (هورمون گلدهی)
دما و رشد
خواب و استراحت
خلاصه
پرسشهای یادآوری
پرسشهای تشریحی
منابع اضافی

یك گیاهچهٔ ایسکولوس (Aesculus sp.)

فصل یازدهم

رشد

برخی اهداف فراگیری

۱ - شناخت تفاوتهای بین رشد، تمایز، نموّ، هورمونها، و ویتامینها.

۲- شناخت انواع هورمونهای گیاهی و توضیح اعمال اصلی هریک : توضیحاتی در مورد کاربرد تجارتی هرکدام.

۳- درك اختلاف بین انواع حرکات گیاهی ، و شناخت نیروهایی که عوامل آنها هستند.

۴- شناخت تناوب نوری و فرق بین گیاهان روز کوتاه، روز بلند، روز متوسط و روز خنثی.

۵- فیتوکروم چیست و نحوه عملکرد آن چگونه است؟

۶- توضیح نقش دما در رشد گیاه.

۷- شناخت خواب و شکستن خواب با ذکر مثالها.

نظر اجمالی

این فصل پدیده های رشد را بهمراه خصوصیات و تمایزات رشد و نموّ توضیح می دهد. در ادامه آن هورمونهای گیاهی (اکسین ها، جیبرلین ها، سیتوکنین ها، اسید آبسیک، اتیلن) و نقش آنها در رشد و نموّ گیاهی توضیح داده خواهد شد. این فصل حرکات گیاهی شامل

حرکات مارپیچی، تماسی، خمودگی ها، گرایش ها، تورژسانسی، تاکسیسم و حرکات متفرقه دیگر را بررسی می کند. کشف و عمل فیتوکروم و فتو پیریودیسم مختصراً شرح داده می شوند. فصل نهایتاً با بحثی در مورد ارتباط دما با رشد و نهفتگی خاتمه می یابد.

مقدّمه

چنانچه وقت اجازه دهد مایلم تعدادی سبزیجات را در حیات پشت منزلم در تابستان بکارم. کدوی ایتالیایی یکی از گیاهانی است که براحتی تکثیر می شود. من آن را قبلاً کاشته ام و تصمیم گرفته بودم که در یک موقعیّت مناسب یکی دو روز پس از این که کدوی جوان را مشاهده کردم آن را برداشت کنم. سپس مسائل دیگری فکر مرا به خود مشغول کرد و از کدو غافل شدم، بعد از چند روز که آن را مجدّداً دیدم مشاهده نمودم که به بزرگی یک هندوانه، رشد کرده است. سپس از خودم پرسیدم «چگونه کدو به این سرعت و به این حد رشد کرده است؟»

واژهٔ رشد با معانی متنوّعی به کار می رود. برای مثال، اگر شما ببینید یک بالون لاستیکی با گاز پر شود ممکن است افزایش تدریجی قطر آن را، به عنوان میزان رشد به کار ببرید. یا اگر یک سوراخ در پشت بام وجود داشته باشد امکان دارد بگویید حفرهٔ زیر آن بیشتر رشد کرده است. ولی به تصوّر یک زیست شناس، رشد همیشه در ارتباط با سلّول است. رشد بطور ساده ممکن است به صورت افزایش جرم در نتیجهٔ تقسیم و حجیم شدن سلّولها توجیه شود، و برای تمام یا بخشی از موجود زنده به کار رود.

رشد بعضی از گیاهان یا بخشهایی از آنها احتمال دارد محدود باشد. به این ترتیب که اندازهٔ مشخّصی را پیدا کرده و سپس رشد متوقّف شود و گیاه تجزیه شده و بمیرد. بخشهای دیگر گیاهان (به مریستمها در فصل ۴ رجوع شود) ممکن است رشد نامحدودی را نشان دهند و به فعالیّت خود تا هزاران سال ادامه دهند. بسیاری از گیاهان دارای سلسله مراتب منظّمی در میزان رشد خود می باشند به این صورت که یک دورهٔ رشد سریع اوّلیه دارند که به وسیلهٔ افزایش حجم ناچیزی دنبال می شود و سرانجام رشد کاملاً متوقّف شده، گیاه می میرد و بافتها تجزیه می شوند.

همانطور که در آغاز فصل ۳ اشاره شد تمام موجودات زنده تنها از یک سلّول شروع می شوند که معمولاً تقسیم شده و تقسیمات را ادامه می دهند تا زمانی که احتمالاً میلیاردها سلّول را تشکیل دهد. هنگامی که سلّولهای مختلف بالغ می شوند، معمولاً بزرگتر شده سپس

تمایز می یابند یعنی شکلهای متفاوتی را برحسب اعمال اختصاصی مانند هدایت، ذخیره، یا ترشّح ایجاد می کنند. اگر تمایزی وجود نداشته باشد، نتیجه یک تودهٔ سلّولی بدون شکل، و فاقد بافتهای مشخّص و هماهنگ خواهد بود.

واژه نموّ برای پدیده هایی از رشد و تمایز سلّولها به بافتها، اندامها، و موجودات استفاده می شود. چه عاملی باعث رشد و تمایز می شود، چگونه رشد و تمایز رخ می دهد؟ ما می دانیم که آنها به وسیلهٔ ژنهای کروموزومها کنترل می شوند و نه تنها نموّ انواع سلّولها، بلکه تعداد متناسب، اندازهٔ نهایی موجود زنده را نیز دیکته می نمایند. اندازهٔ سلّولها نیز به وسیلهٔ عوامل مختلفی محدود می شود. این عوامل در ارتباط با انتشار ملکولی درون سلّولی و انتقال اکسیژن و موادّ غذایی و دفع موادّ زاید می باشند، چون سلّولها هیچ وسیلهٔ گردشی برای خود ندارند. هنگامی که یک سلّول کروی بزرگ می شود (سطح کلّ آن افزایش می یابد) و از طریق آن، مواد وارد و خارج می شوند، ولی به اندازه ای که حجم آن افزایش می یابد سطحش افزایش پیدا نمی کند. برای مثال، هنگامی که سطح سلّول چهار برابر می شود حجم آن به ۶ برابر می رسد، واضح است که جهت تبادل مواد فشار بیشتری بر سطح سلّول وارد می شود.

اکثر سلّولهای گیاهی از طریق تغییرات شکلی به صورتهای مختلف (مانند تولید سطح خارجی چین خورده، پهن شدن سلّول که ناحیهٔ سطحی را افزایش میدهد)، و نیز با تولید واکوئلهای بزرگ، که سیتوپلاسم به صورت لایهٔ نازکی در مجاور دیوارهٔ سلّول قرار می گیرد، با این مشکل سازش پیدا می کنند. ولی این سازشها همراه با استحکام غشاء نیست و لذا بیشتر سلّولها قبل از این که بزرگ شدن آنها مشکل قابل توجّهی را ایجاد نماید تقسیم می شوند.

هورمونهای گیاهی

هر مرحلهٔ متابولیسمی درون سلّولها تحت کنترل آنزیمهاست (به فصل ۲ مراجعه شود). ساخت و تکامل هر آنزیم توسّط ژنها صورت می گیرد (به فصل ۳ رجوع شود). به علاوه بسیاری از پدیده های رشد، تحت تأثیر هورمونها قرار دارند، هورمونها موادّ شیمیایی تولید شده (معمولاً به میزان اندك) در بخشی از موجود زنده هستند که به بخش دیگری انتقال می یابد و در آن جا اثر اختصاصی مثل ایجاد خمیدگی در ساقه، گل زایی، یا حتّی اثر بازدارندگی رشد را می گذارند. هورمونها با آنزیمها که نیز به مقدار کم تولید می شوند نبایستی اشتباه شوند. همان طور که قبلاً گفته شد، آنزیمها کاتالیزورهای آلی هستند که به واکنشهای شیمیایی درون

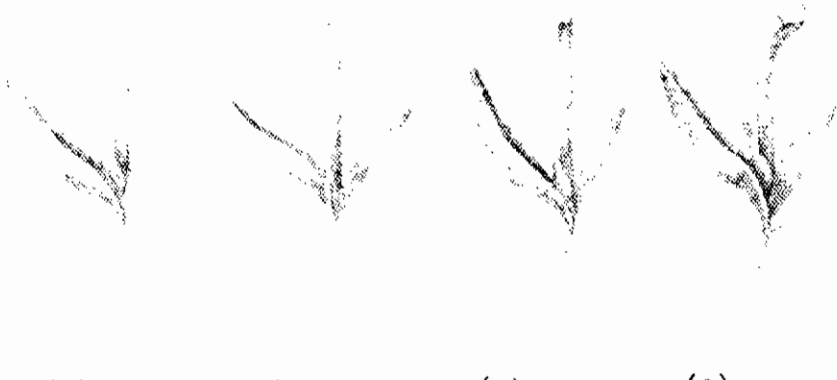
سلّولها سرعت می بخشند. آنزیمها عموماً از بخشی از موجود زنده به بخش دیگر منتقل نمی شوند و ساختمان شیمیایی آنها با هورمونها متفاوت است.

ویتامینها که در فعّال شدن آنزیمها نقش دارند موادّ آلی با ساختمانهای گوناگونی هستند که در غشای پلاسمایی و سیتوپلاسم سلّولها ساخته می شوند. ویتامینها در مقادیر بسیار کم برای رشد و نموّ تمام موجودات زنده ضروری هستند. بیشتر ویتامینهای موردنیاز تمام موجودات به وسیلهٔ گیاهان تولید می شوند، اگرچه تعداد ناچیزی نیز به وسیلهٔ جانوران ساخته می شوند. ولی حدّاقل یک ویتامین (ویتامین A) در گیاهان وجود ندارد امّا رنگدانهٔ کاروتن موجود در کلروپلاست (به فصل ۱۰ رجوع شود). به صورت پیش ساز (ملکولهای ساده ای که به وسیلهٔ موجودات زنده ساختمان بسیار پیچیده ای را پیدا می کنند) به جای ویتامین A عمل می نماید. چون بعضی از تأثیرات ویتامینها شبیه هورمونهاست، این دو، گاهی با اشکال از یکدیگر متمایز می شوند. برای اجتناب از مشکل تمایز بین آنها اصطلاح تنظیم کننده های رشد را برای ویتامینها و هورمونها پذیرفته اند. گروهای شناخته شده مهمّ هورمونها نظیر اکسینها، جیبرلینها، ستیوکنینها، اسید آبسسیک و اتیلن، ذیلاً توضیح داده می شوند.

اکسینها

در سال ۱۸۸۱ توجّه چارلز داروین و پسرش فرانسیس، به سمت خم شدن کلئوپتیل (غلاف کم و بیش لوله ای محافظ ساقه در حال رویش از دانه در خانوادهٔ چمن) در جهت نور جلب شد. آنها متوجّه شدند که در صورت قراردادن کلاهک تیره رنگی بر روی نوك کلئوپتیل، خمیدگی حاصل نمی شود. آنان نتیجه گرفتند که این بخش از گیاه باید نسبت به نور حسّاس باشد. در سال ۱۹۲۶ یک فیزیولوژیست گیاهی جوان آلمانی بنام فریتزونت تحقیقات داروین و دیگران را ادامه داد. او نوك کلئوپتیل یولاف را قطع نمود و سطح بریده را روی قطعه ای از آگار (مادّه ای که از جلبکهای دریایی به دست می آید و از نظر دوام مشابه ژلاتین است) قرار داد. بعد از چند ساعت نوکها را برداشت، آگار را به صورت مکعّبهای کوچکی برید و سپس آنها را روی کلئوپتیل سر بریده قرار داد، و متوجّه شد که کلئوپتیل مستقیم ادامهٔ رشد داد. ولی اگر مکعّب را در وسط قرار نمی داد رأس کلئوپتیل در سمت مقابل محلّی که مکعّب گذاشته شده بود خم می شد (شکل ۱-۱۱). او کشف کرد که اگر رئوس کلئوپتیل بیشتری در ابتدا در سطح آگار قرار می داد، این اثر، سریعتر نشان داده می شد. آزمایشات او بطور واضح نشان داد که

مادّهٔ تولید شده در نوکهای کلئوپتیل به درون آگار منتشر شده، و این مادّه است که مسؤول خمیدگی است. ونت نام مادّه را **اُکسین** (از واژهٔ یونانی auxein به معنی افزایش دادن) گذاشت، واژه‌ای که اکنون بطور وسیعی مورد استفاده قرار دارد.



(الف) (ب) (پ) (ت)

شکل ۱۱-۱ آزمایش ونت با کلئوپتیل یولاف. الف ـ کلئوپتیل یولاف سالم. ب ـ نوک کلئوپتیل جدا شد و روی یك قطعهٔ آگار برای یك یا دو ساعت قرار داده شد. پ ـ وقتی که این قطعهٔ مربّع شکل آگار روی سطح کلئوپتیل بریده شده قرار گرفت رشد بطور عمودی صورت گرفت. ت ـ وقتی که قطعهٔ آگار خارج از مرکز قرار گرفت بطوری که تنها نصف نوك بریده شده با آن در تماس بود، نوك در جهت مخالف قطعهٔ آگار شروع به‌رشد نمود. این آزمایش نشان داد مادّه‌ای که رشد را تحریك می‌کند از نوك کلئوپتیل به آگار منتشر می‌شود، که از آن‌جا می‌تواند به‌کلئوپتیل بریده شده منتقل گردد.

اکسینها اوّلین هورمونهای گیاهی بودند که کشف شدند. چندین گروه دیگر بعداً کشف گردیدند. حدّاقل سه گروه اصلی ظاهراً رشد گیاهان را تحریک می کنند. بعضی نیز ممکن است اثر بازدارنده در رشد داشته باشند که بستگی به غلظت آنها دارد.

اکسینها به وسیلهٔ پروتوپلاسم زندهٔ موجود و از اسیدهای آمینهٔ موجود در سلّولهای گیاهی و جانوری ساخته می شوند. تولید اکسینها اساساً در مریستم انتهایی، جوانه ها، برگهای جوان و بخشهای جوان و فعّال دیگر گیاه، به وجود می آیند. بعضی مواقع مشکل است که نحوهٔ

پاسخ سلّولها را به اکسین پیش گویی کرد زیرا واکنشها برحسب غلظت، محل و دیگر عوامل، متغیّر است. به عنوان مثال، اگر یک اکسین با غلظتی مشخّص در یک گیاه بخصوص رشد ساقه را تحریک کند، همان اکسین با غلظت یکسان در همان گیاه رشد ریشه را متوقّف می کند. اکسینها در غلظتهای مناسب بطور معمول بزرگ شدن سلّولها را از طریق افزایش ارتجاع پذیری آنها (کشیدگی غیرقابل برگشت) باعث می شوند. اکسینها ممکن است چندین اثر دیگر مانند تولید هورمونهای دیگر (بویژه اتیلن)، افزایش ترشّحات اجسام گلژی (دیکتیوزومها)، ایفای نقش در بعضی مراحل تنفّسی، و جنبه های مختلف رشد دارا باشند. جنبه های رشد و نموّ شامل گل زایی، تعیین جنسیّت، میزان رشد، رشد میوه و رسیدن آن، خزان، ریشه زایی، پیری، خواب و غالبیّت جوانهٔ انتهایی می شود. بسیاری از تک لپه ایها نسبت به دو لپّه ایها حسّاسیت کمتری در مقابل اکسینها نشان میدهند. معمولاً ساقه ها حسّاسیت کمتری نسبت به ریشه ها دارند ولی غلظت بالا هرگونه بافت زنده گیاهی را می کشد. اکسینها همراه با هورمونها، بسیاری از پدیده های حیاتی را ایجاد و کنترل می نمایند.

حرکت اکسین از سلّولهای که در آن ساخته شده اند نیازمند مصرف انرژی ذخیره شده در ملکولهای ATP است. انتقال اکسین نسبتاً آهسته صورت می گیرد (در حدود یک سانتیمتر در ساعت) گرچه مکانیسم انتقال فعّال، هورمون را تا ۱۰ برابر سریعتر از انتقال از طریق انتشار ساده جابه جا می نماید (به فصل ۹ رجوع شود). این حرکت قطبی است و مؤیّد این است که جریان اکسین معمولاً از منبع تولید که رأس ساقه است به سمت پایین صورت می گیرد. به نظر نمی رسد که اکسینها از طریق حرکت عمودی لوله های آبکش منتقل شوند ولی از سلّولی به سلّولی دیگر مخصوصاً از طریق سلّولهای پارانشیمی اطراف دستجات آوندی حرکت می کنند. زمانی عقیده براین بود که چندین اکسین طبیعی موجود است، ولی دانشمندان اخیراً متقاعد شده اند که انیدول استیک اسید که معمولاً IAA نامیده می شود، تنها اکسین فعّال است و اسیدهای آلی دیگر که شبیه اکسین عمل می کنند در حقیقت در جاهایی که عمل معمول خود را انجام می دهند، به IAA تبدیل می شوند. شواهد اخیر نشان می دهند که گیاهان در حقیقت دو هورمون دیگر تولید می کنند که بسیاری از تأثیرات IAA را دارند. یکی فنیل استیک اسید است (معمولاً با مخفّف PAA) که غالباً بسیار فراوان است ولی فعّالیت آن کمتر از IAA است. هورمون دیگر، موسوم به ۴- کلرو انیدول استیک اسید (با مخفّف ۴- کلرو IAA) است که در دانه های در حال رویش حبوبات وجود دارد.

IAA و تعدادی از اسیدهای آلی تنظیم کننده رشد سنتز می شوند. این هورمونهای سنتز شده در سطح جهانی در زراعت و باغبانی کاربرد دارند. در غلظتهای مناسب IAA و دیگر تنظیم کننده های رشد، تشکیل ریشه را تقریباً در تمام اندامهای گیاه تحریک می کنند. براین اساس همان طور که پیداست گلخانه ها از این مواد به صورت خمیر یا پودر جهت قاعدهٔ بخشهای بریده شده ساقه برای تحریک به تولید ریشه های مرغوبتر نسبت به حالت طبیعی، استفاده می کنند (شکل ۲-۱۱).

شکل ۲-۱۱ تأثیر اکسین بعد از ۴ هفته که در انتهای بریده شده، قلمهٔ گاردنیا زده شده است. شکل سمت چپ، قلمهٔ تیمار شده؛ و شکل سمت راست، قلمهٔ شاهد است.

باغبانان اکسین را جهت گلدهی یکنواخت و بستن میوه برروی درختان میوه می پاشند و همچنین بعداً آنها را برای جلوگیری از ریزش میوه های نارس مورد استفاده قرار می دهند. یک مزیّت مهم این است که می توان برای مثال میوه های درختان آناناس و یا درختهای میوهٔ دیگر را در یک زمان برداشت کرد و در این خصوص از مخارج کارگر کاست. اگر اکسینها قبل از گرده افشانی برروی گلها پاشیده شوند، میوه های بدون دانه (به فصل ۸ رجوع شود) تشکیل شده و رشد می کنند. بعضی از باغبانان، از اکسین برای داشتن میوه های درشت و یکنواخت استفاده می کنند؛ و حتّی بعضی شکل گیاهان را برای جلب مشتری و بازاریابی کنترل می نمایند.

انواع دیگر اکسینهای سنتز شده مانند 2, 4-D و 2, 4, 5-T و 2, 4, 5-TP به عنوان علف کش مورد استفاده قرار می گیرند. علفهای هرز قبلاً به وسیلهٔ دست و یا ترکیبات سمّی دیگر کنترل می شدند. تا این که بعضی متوجّه شدند که هورمونها وقتی در غلظتهای پایین به کار روند بعضی از علفهای هرز را از بین می برند. گیاهان برگ پهن مانند گل قاصد و بارهنگ (به دلایلی که خیلی مشخّص نیست) به غلظتهای پایین 2, 4-D و 2, 4, 5-T بسیار حسّاستر از گیاهان برگ باریک مانند چمن هستند. بنابراین، چنین تنظیم کننده های رشدی در بسیاری از چمنها برای از بین بردن گیاهان برگ پهن مورد استفاده قرار می گیرند بدون این که به چمن آسیبی برسانند.

تا کنون شواهد بسیار کمی در دست است که 2, 4-D مستقیماً تأثیرات سوء بر روی حیات انسان و دیگر جانوران دارد. ولی در مورد 2, 4, 5-T که در اکثر موارد در ایالات متّحده در سال ۱۹۷۹ توسّط مؤسّسهٔ حفاظت محیط زیست ممنوع اعلان شد چنین نیست. بحث در مورد استفاده از 2,4,5-T در دهه ۱۹۶۰ در طیّ جنگ ویتنام شروع شد. در این زمان از معرّف نارنجی یعنی مخلوطی از 2, 4-D و 2, 4, 5-T به نسبت یک و یک برای از بین بردن برگهای جنگلها استفاده شد. آزمونها و آزمایشات بعدی نشان داد که 2, 4, 5-T در جانوران آزمایشگاهی ایجاد لوسمی، سقط جنین، کاهش زایمان و بیماری ریوی و کلیوی می کند. این بیماریها و ضایعات ظاهراً توسّط TCDD (۲ و ۳و ۷ و ۸ ترا کلرودی بنزو پارادیوکسین) که یک آلودگی دیوکسینی است و بطور اجتناب ناپذیری به مقادیر کم در تهیّهٔ 2, 4, 5-T تولید می گردند ایجاد می شوند. TCDD در مقادیر بسیار ناچیزی تا حدّ چند قسمت در میلیارد قسمت برای جانوران آزمایشگاهی زیان آور و حتّی کشنده می باشند.

جیبرلینها

در سال ۱۹۲۶ یک دانشمند ژاپنی بنام اویتی کوروساوا[1] کشف مادّهٔ جدیدی را گزارش کرد که عامل باکین[2] یا «خبون گیاهچه ای» در برنج می شد. ساقه های گیاهچه های برنج آلوده با یک قارچ خاص، دوبرابر گیاهان معمولی رشد می کرد ولی ساقه ها ضعیف می شدند بطوری که سرانجام فرو ریخته و می مردند. کوروساوا کشف کرد که عصاره های قارچ برروی گیاهان سالم همان تحریکات رشدی بیماری قارچی را ایجاد می نماید. تا ۹ سال بعد، دیگر دانشمندان ژاپنی توانستند آن را خالص سازی کرده و به مناسبت نام علمی قارچی که این مادّه را تولید کرده بود (جیبرلا فوژی کوروی Gibberella fujikuroi) جیبرلین[3] نامند.

امروزه بیش از ۷۰نوع جیبرلین مختلف از دانه ها (بویژه دانه های دو لپّه ایها) و قارچها جداسازی شده است. جیبرلینها احتمالاً، در جلبکها، خزه ها و سرخسها نیز وجود دارند ولی هیچ نوع ژیبرلین در باکتریها شناخته نشده است. استیل کوآنزیم A که برای فرایند تنفّسی (به فصل ۱۰ رجوع شود) ضروری است، به عنوان یک پیش ساز در ساخت جیبرلینها شرکت می کند.

خواص هورمونی جیبرلینها از نظر این که توانایی آنها در افزایش رشد گیاهان بسیار مؤثّرتر از قدرت اکسین بتنهایی است جلب توجّه بسیار کرده است، اگرچه غلظتهای ناچیز اکسین ظاهراً برای حضور جیبرلینها لازم است تا آنها بیشترین اثرات خود را داشته باشند.

اکثر گیاهان دو لپّه ای و تعدادی تک لپّه ایها در نتیجهٔ استعمال جیبرلین سریعتر رشد می کنند. ولی درختان مخروط دار مانند کاجها و صنوبرها عموماً عکس العمل کمی نشان می دهند. اگر یک جیبرلین با غلظت مناسب روی کلم به کار رود ارتفاع گیاه ممکن است به ۲ متر برسد و لوبیای بوته ای با استفاده از آن به لوبیای بالا رونده تبدیل می شود ولی معمولاً همان تأثیر را برروی ریشه ندارد. تعدادی از گیاهان که از نظر ژنتیکی کوتاه قد هستند با استفاده از جیبرلین مناسب به بلندی نژاد متضادّ

1- Ewiti Kurosawa
2- Bakane
3- Gibberellin

خود می رسند.

جیبرلینها نه تنها رشد ساقه را بطور فاحشی افزایش می دهند بلکه آنها تقریباً در تمام مراحل و پدیده های رشد و نموّ گیاهان مشابه اُکسینها عمل می کنند (شکل ۳-۱۱). در بعضی از انواع گیاهان با استفاده از جیبرلینها گلدهی آغاز می شود و خواب جوانه ها و دانه ها شکسته می شود. بعضی جیبرلینها استانه رشد را می شکنند. بعضی گیاهان ممکن است با استفاده از جیبرلینها در دماهای پایینتراز حدّ معمول. شروع به رشد کنند. به عنوان مثال، استفاده از جیبرلین در یک علفزار باعث می شود که علفزار در بهار ۲ تا ۳ هفته زودتر سبز شود.

شکل۳-۱۱ تأثیر جیبرلینها بر رشد گیاهان. سمت چپ یك گیاه داوودی شاهد. سمت راست یك گیاه مشابه که با جیبرلین تیمار شده است.

جیبرلینها به صورت تجربی برای افزایش محصول نیشکر و رازك مورد استفاده واقع شده و در تولید انگورهای بی دانه و از طریق افزایش اندازهٔ میوه و طویل شدن میان گرهها که در نتیجه فاصله بیشتری بین انگورها در خوشه ایجاد می شود تغییرات بنیادی ایجاد نموده است. جریان هوای بهتر بین انگورها حسّاسیت آنها را به بیماریهای قارچی کاهش می دهد و نیاز به برداشت با دست را کمتر می کند. جیبرلینها در درختان پرتقال برای به تعویق انداختن دورهٔ پیری پوست میوه مورد استفاده واقع می شوند. همچنین مشخّص شده است که جیبرلینها در طویل کردن و آبدارنمودن دمبرگ کرفس (بخشی که بیشتر به عنوان مادّهٔ غذایی مصرف می شود) نقش دارند.

مطالعات صحرایی نشان داده است که اگر جیبرلینها همراه با علف کش استفاده شوند اثر علف کشها را معکوس خواهند کرد. البتّه قیمت نسبةً بالای جیبرلینها دامنهٔ استفاده آنها را در باغبانی و کشاورزی محدود نموده است.

ستیوکنینها

در پایان قرن نوزدهم گمان می رفت مواد شیمیایی وجود دارند که تقسیم سلّولی را تنظیم می کنند. این حدس در سال ۱۹۱۳ منجر به کشف یک مادّهٔ ناشناخته در آبکش گیاهان مختلف توسّط گوتلیب هابرلانت[1] شد که تقسیم سلّولی را تحریک نموده و تولید کامبیوم چوب پنبه را پایه ریزی می کنند. در دههٔ ۱۹۵۰ چندین مادّه که تقسیم سلّولی را هدایت می کنند در شیرهٔ نارگیل (مایع آلبومن ـ به فصل ۲۲ رجوع نمایید) کشف شد. ولی در ۱۹۶۴ این مادّه در دانه های ذرّت نیز یافت شد و شناسایی و تعیین شد. این تحریک کننده های تقسیم سلّولی با عنوان ستیوکنینها شناخته می شوند. اکنون چندین ستیوکنین شناخته شده است که تا حدّی از نظر ساختمان ملکولی و احتمالاً منشأ با هم متفاوتند ولی اساساً شبیه آدنین هستند. به خاطر دارید که آدنین یکی از چهار نوکلئوتید موجود در اسکلت ساختمانی DNA (به فصل ۲ مراجعه شود) می باشد. اگرچه به نظر نمی رسد که هیچ کدام از ستیوکنینها DNA مشتق شده باشند. ولی بعضی از ستیوکنینها در اشکال خاصّی از RNA ظاهراً می شوند. ستیوکنینها بیشتر به فراوانی در مریستمها و دیگر بافتهای در حال رشد و خصوصاً مریستمهای میوه های جوان یافت می شوند.

ستیوکنینها در بزرگ شدن سلّولها، تمایز بافتها، نموّ کلروپلاستها، و تحریک رشد

1- Gottlieb Haberlandt

لپّه ها، به تعویق انداختن پیری برگها و تعدادی از پدیده های رشد که توسّط اکسینها و جیبرلینها هدایت می شوند، شرکت می کنند. ولی تا کنون اکثر آنها برای استفاده در کشاورزی عمومی تأیید نشده اند. آزمایشات نشان داده است که عمر سبزیجات انبار شده طولانی می شود. ترکیبات سنتز شده نزدیک به آنها به فراوانی برای تنظیم ارتفاع درختچه های زینتی و برای تازه نگاه داشتن کاهو و قارچهای خوراکی استفاده شده اند. آنها برای کوتاه کردن ساقه های طویل گندم که شانس خم شدن و شکستن آنها را در برابر باد به حدّاقل می رساند و همچنین برای طویل شدن ساقه های گلزای گلهای زینتی استفاده می شوند.

اسید آبسیسیک (ABA)

در سال ۱۹۶۳ سه گروه از پژوهشگران در ایالات متّحدهٔ آمریکا، انگلیس و زنلاند نو، مستقلاً هورمون بازدارندهٔ دیگری کشف کردند که در ۱۹۶۷ رسماً اسید آبسیسیک (ABA) نامیده شد. این هورمون ظاهراً از رنگدانه های کاروتنوئید در پلاستها ساخته می شود. اسید آبسیسیک در بسیاری از ساختمانهای گیاهی بویژه در میوه های تازه وجود دارد. و در آن جا از رویش دانه ها که هنوز روی گیاه قرار دارند جلوگیری می کند. ABA تقریباً همه جا از رشد سلّولها جلوگیری می کند. قبلاً این نظر بود که لایه ریزش برگها و میوه ها (به فصل ۷ مراجعه شود) را تحریک می کند ولی بعضی اکنون پیشنهاد می کنند که در ریزش برگها اتیلن نقش مهمتری از ABA دارد.

هنگامی که ABA برروی جوانه های گیاهی استفاده می شود، پریموردیومهای برگ، به فلسهای جوانه تبدیل شده و جوانه به حالت خواب بر می گردد. گیاهان گلخانه ای که با کشتی حمل می شوند در حالت خواب کمتر از حالت فعّال آسیب می بینند. مقادیر خاصّی از ABA و باز دارنده های رشد مشابه (مجموعاً تحت نام دورمینها) برای چنین مواردی کاربرد دارد. اثرات بازدارندگی ABA با استفاده از جیبرلینها معکوس می شود.

ABA ظاهراً به برگها کمک می کند تا نسبت به اتلاف بیش از اندازهٔ آب واکنش نشان دهند. زمانی که برگها پژمرده می شوند ABA چندین برابر مقدار متداول تولید می شود. ABA برروی انتقال و نگاهداری یونهای پتاسیم در سلّولهای محافظ اثر گذاشته، باعث بسته شدن روزنه ها می شود. هنگامی که جذب آب مجدّد به مقدار کافی برای رفع نیازهای گیاه صورت می گیرد، ABA از طریق متابولیسمی تجزیه شده و روزنه ها مجدّداً باز می شوند.

اتیلن

در سال ۱۹۳۴ ر. گین[1] کشف کرد که اتیلن بطور طبیعی توسّط میوه‌ها تولید می‌شود. ولی برای مدّتها بود که اتیلن برای رسیدن میوه‌های سبز بطور مصنوعی با قراردادن آنها در این گاز ساده استفاده می‌شد. اکنون مشخّص شده است که اتیلن نه تنها به وسیلهٔ میوه‌ها بلکه توسّط گلها، دانه‌ها، برگها و حتّی ریشه‌ها، تولید می‌شود. مشخّص شده است که چندین قارچ و تعدادی از باکتریها نیز آن را تولید می‌کنند، تأثیرات تنظیم کنندهٔ اتیلن، آن را تبدیل به یک هورمون به معنای واقعی کلمه کرده است.

تولید اتیلن به وسیلهٔ بافتهای گیاهی بطور قابل ملاحظه‌ای در شرایط مختلف فرق می‌کند. اثر اتیلن پس از چندین ساعت ظاهر می‌شود. بافتهای مختلف مانند میوه‌ها، زخمی یا بریده می‌شوند. مصرف اکسین می‌تواند باعث شود که میزان اتیلن گیاه، بین ۲ تا ۱۰ برابر افزایش یابد. هنگامی که دانه‌های نخود رویش می‌کنند، گیاهچه‌ها هنگام بیرون آمدن از خاك، تولید اتیلن می‌کنند ظاهراً اتیلن باعث می‌شود رأس ساقه محکم شده و باعث بیرون آمدن آن از سطح خاك شود. اتیلن شاید با تیگمومورفوژنز (کاهش در طویل شدن ساقه تحت اثر فشارهای مکانیکی شبیه فشارهای ناشی از باد یا تماس) نیز در ارتباط باشد.

اتیلن ظاهراً خود باعث تحریک سنتز خود می‌شود. اگر مقادیر کم اتیلن در اختیار بافتهایی قرار گیرد که گاز تولید می‌کنند، بافتها غالباً پاسخ شگرفی می‌دهند. این بافتها ممکن است مقادیر بسیار زیادی اتیلن تولید کنند که تأثیر سوء در بخش مربوطه داشته باشد (مثلاً گلها ممکن است در حضور مقادیر بیش از اندازهٔ آن، پژمرده شوند و برگها بریزند (شکل ۴-۱۱).

در چین باستان، باغبانها میوه‌ها را به منظور رسیده شدن، در اتاقهایی که در آنها صمغ سوزانده می‌شد نگهداری می‌کردند و کشت کنندگان، مرکبّات را به اتاق هایی که اجاقهای نفتی در آنها روشن بود میوه‌ها را می‌رساندند. در منازلی که از گاز مصنوعی استفاده می‌شد، ساکنین غالباً اشکال زیادی را در رشد گیاهان مشاهده می‌کردند. گلخانه‌ها که از چنین سوختهایی برای گرم کردن استفاده می‌کنند مشکلات ویژه‌ای را در رشد گیاهان ایجاد می‌نمایند. در روزهای قبل از این که چراغهای برقی در خیابانها متداول شوند از چراغهای گازی استفاده می‌شد، و در بعضی از شهرهای آلمان برگهای درختان در مجاورت یک خط لولهٔ گاز که سوراخ شده بود می‌ریخت. در تمام این نمونه‌ها مقادیر کمی گاز اتیلن حاصل از

1- R. Gane

آتش سوزی یا نشت گاز نتایج خوب یا بدی را به همراه داشته است. در حقیقت تا اندازهٔ یک قسمت اتیلن در ده میلیون قسمت هوا ممکن است برای واکنشهای تولید اتیلن کافی باشد.

شکل ۴-۱۱ تأثیر اتیلن برروی یك شاخهٔ ایلکس. دو شاخهٔ مشابه در ظرف زیر شیشه به‌مدت یك‌هفته قرار داده شد. یك سیب درختی رسیده به‌درون ظرف شیشه‌ای در سمت راست اضافه شد. اتیلن ایجاد شده به‌وسیلهٔ سیب درختی باعث ریزش برگها شد.

امروزه کاربردهای تجاری زیادی از اتیلن می شود. چندین سال است که اتیلن برای رسیدن میوه‌های سبز چیده شده مانند موز، انبه و خربزه و برای این که میوه مرکبّات قبل از فروش پر رنگ شوند استفاده می شود. بعضی از باغبانان هنوز از اتیلن طبیعی برای رسیدن گلابی و هلو با پوشاندن میوه ها در ورقهٔ کاغذ مجزّا استفاده می کنند. کاغذ، خروج اتیلن را از میوه به تأخیر انداخته و رسیدن آن را تسریع می کند. غدّه های نهفتهٔ سیب زمینی به دنبال کاربرد کمی اتیلن، رشد می کنند، دانه ها اگر قبل از رویش مدّت کوتاهی در معرض این گاز قرار گیرند تحریک به رشد می شوند ولی اگر تیمار با اتیلن بعد از سبزشدن صورت گیرد از رشد آنها جلوگیری می شود. اتیلن در هاوایی برای تحریک گل دهی آناناس استفاده و سبب می شود که گیاهان کدو تولید گلهای مادهٔ زیادتری کرده و در نتیجه میوهٔ بیشتری تولید می نمایند. چون گیاهان درون گلخانه معمولاً به صورت انبوه رشد می نمایند ساقهٔ آنها غالباً بلند و دوکی می شود ولی به کاربردن مقادیر کمی از اتیلن برروی تنه آنها باعث ضخیم شدن ساقه شده، گیاهان سخت تر می شوند و کمتر می شکنند.

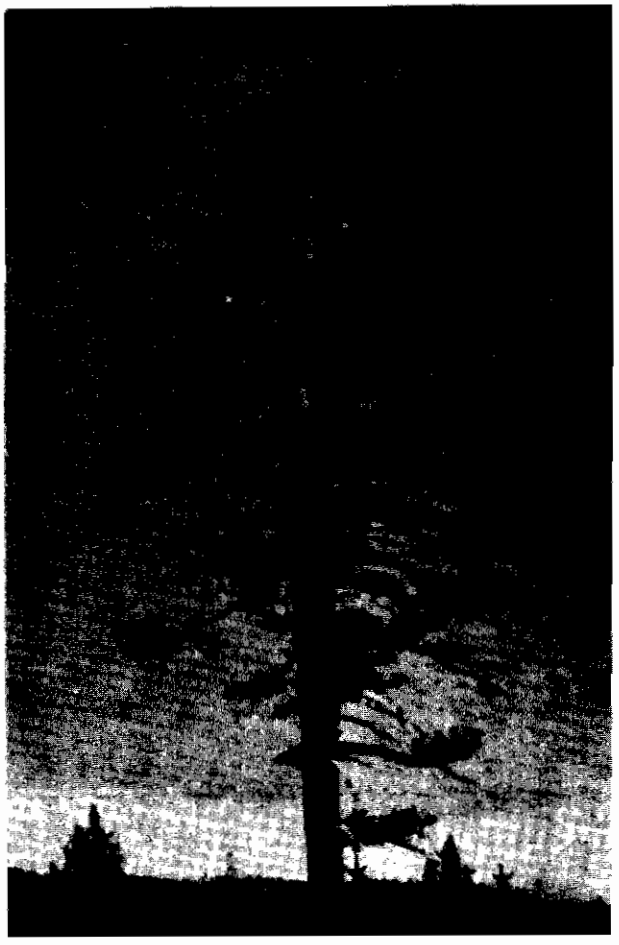
تداخلهای هورمونی

چیرگی انتهایی

چیرگی انتهایی عبارت است از ممانعت از رشد جوانه های جانبی تحت تأثیر یک باز دارندهٔ اکسین مانند موجود در جوانه انتهایی. تسلّط جوانه انتهایی در درختانی با شکل مخروطی و انشعابهای فوقانی کم (مانند بسیاری از کاجها، درختان نوئل، صنوبرها) شدید بوده و در درختانی با انشعابات بالایی زیاد (مانند نارون، زبان گنجشک، بید) ضعیف است. هنگامی که یک جوانهٔ انتهایی از روی عمد یا تصادفاً برداشته می شود، نزدیکترین جوانه های جانبی شروع به رشد می کنند (شکل ۵-۱۱). برداشتن جوانهٔ انتهایی احتمالاً همراه است با حذف کردن بازدارنده (که به نظر می رسد یک اکسین باشد). البتّه این نظریه تا کنون تأیید نشده است. بعضی مطالعات در حقیقت متوجّه کاهش سیتوکنین در جوانه های جانبی به عنوان نقش مؤثّرتر از بازدارنده های اکسین مانند جوانهٔ انتهایی شده اند. قبل از این که بیانی قطعی از دلایل دقیق تسلّط جوانهٔ انتهایی به میان آید مطالعات بیشتری بایستی صورت گیرد.

پیری

تجزیهٔ ترکیبات سلّولی و غشاها که سرانجام منجر به مرگ سلّول می شود، پیری نام دارد، همان طور که در فصل ۸ اشاره شد برگهای درختان و درختچه های برگ ریز هر سال پیر شده و در خزان می ریزند. حتّی گونه های همیشه سبز غالباً برگهای خود را فقط ۲ یا ۳ سال نگاه می دارند. (بجز نمونهٔ جالبی از کاجها، Pinus langaeva که برگهای خود را تا ۳۰ سال حفظ می کند.). بخشهای بالای زمین در بسیاری از گیاهان چندسالهٔ علفی در پایان هر فصل رویشی، پیر شده و می ریزند. چرا اجزای گیاه پیر می شوند؟ بعضی دانشمندان پیشنهاد می کنند که گیاهان خاصّی تولید یک عامل پیری را نموده که شبیه یک هورمون عمل نموده (یا خود در حقیقت یک هورمون است)، و لی تا کنون مکانیسم دقیقی در رابطه با آن تشخیص داده نشده است. امّا می دانیم که ABA و اتیلن، پیری را تسریع می بخشند، در حالی که اکسین ها، جیبرلینها، ستیوکنینها در تعدادی از گیاهان که مطالعه شده پیری را به تعویق می اندازند. عوامل دیگری مانند کمبود ازت و کم آبی نیز پیری را تسریع می کنند.



شکل ۵-۱۱ یك کاج جفری. ساقهٔ اصلی این درخت که بطور معمول تك است به‌علّت برداشتن جوانهٔ انتهایی در اوایل رشد دوتا شده است.

دیگر تداخلها

نموّ ریشه ها برخلاف ساقه ها، هم در کشت بافت (ضمیمهٔ ۴)، و هم به صورت حلقه برداری ساقه ها (فصل ۲۴ و ضمیمهٔ ۴) به وسیلهٔ ترکیبی از اکسینها و سیتوکنینها تنظیم می شوند.

آزمایشات با سلّولهای زندهٔ مغز گیاهان توتون، نشان داده است که چنین سلّولهایی در زمان استفاده از اکسین و موادّ غذایی، طویل می شوند. ولی این سلّولها تقسیم نمی گردند مگر این که مقدار کمی سیتوکنین به محلول اضافه شود. با تغییر مقدار سیتوکنین، امکان دارد سلّولهای مغز از ساقه های به دست آمده به ریشه یا جوانه تمایز پیدا کنند. این اثر تنظیمی اخیر را می توان جهت بی اثر کردن تسلّط جوانهٔ انتهایی به کار برد. مقدار بازدارندگی، به چگونگی نزدیکی جوانه های جانبی به جوانهٔ انتهایی و مقدار بازدارنده، بستگی دارد. آزمایشات با گیاهان نخود فرنگی، نشان داده است که جوانه های جانبی تا ۴ ساعت بعد از قطع جوانهٔ انتهایی شروع به رشد خواهند کرد. ولی اگر سیتوکنین در غلظتهای مناسب برای جوانه های جانبی استفاده شود، این جوانه ها حتّی در صورت حضور جوانهٔ انتهایی شروع به رشد خواهند کرد.

جنبشهای گیاهی

در فصل ۲ متوجّه شدیم که تمام موجودات زنده حرکت می کنند ولی حرکات بیشتر گیاهان نسبةً آهسته و غیر محسوس است مگر این که با عکس برداری لحظه ای و آزمایشات تجربی نشان داده شوند. اکنون ما می خواهیم بررسی کنیم که چرا و چگونه جنبش های گیاهی رخ می دهند.

جنبشهای مربوط به رشد

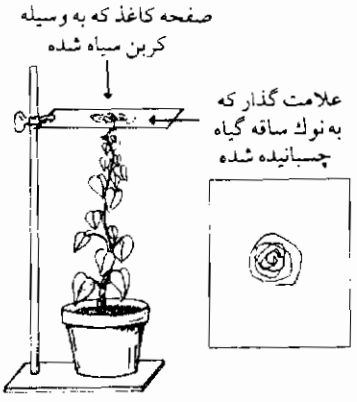
جنبشهای مربوط به رشد حاصل تفاوت نرخ رشد در بخشهای مختلف یک اندام است. این جنبشها اساساً مربوط به بخشهای جوان گیاه بوده و اصولاً کاملاً آهسته است. اگرچه گیاه ممکن است چند دقیقه پس از تأثیر یک محرك شروع به تغییرات میکروسکپی نکند، ولی معمولاً حدّاقل ۲ ساعت طول می کشد تا ظاهر شود. محرّك می تواند خارجی یا درونی باشد.

حرکات ناشی از محرکهای درونی

حرکات حلزونی

زمانی چارلز داروین یک صفحهٔ شیشه ای نازك را به نوك گیاه گلدانی در حال رشد

متّصل کرد. سپس یک قطعه کاغذ تیره شده با کربن را در بالای نوك گیاه به صورت معلّق گذاشت و هنگامی که گیاه رشد می کرد کاغذ را تا اندازه ای بالا می برد تا نوك گیاه با کاغذ تماس داشته باشد بدون این که به گیاه صدمه ای وارد آید. او متوجّه شد که نقاط رشد یک طرح مارپیچی را در کاغذ تیره شده رسم می کند. اکنون ما می دانیم که چنین حرکات حلزونی رشد در بسیاری از گیاهان متداول است (شکل ۶-۱۱).


صفحه کاغذ که به وسیله
کربن سیاه شده
علامت گذار که
به نوك ساقه گیاه
چسبانیده شده
به موازاتی که نوك رشد می کند می پیچد
و طرح آن روی کاغذ باقی می ماند

شکل ۶-۱۱ نمایش رشد چرخشی گیاهان به‌وسیلهٔ داروین.

حرکات نوسانی

گیاهان خانوادهٔ حبوبات مانند لوبیا که با تولید اتیلن در طیّ رویش دانه باعث خمیدگی ضخیم درهیپوکوتیل می شود، هنگام خروج گیاهچه از خاك دارای یک حرکت نوسانی آهسته می باشد (مانند یک آونگ، نوك هیپوکوتیل از یک سمت به سمت دیگر حرکت می کند). این حرکت نوسانی ظاهراً ادامهٔ رشد و نفوذ رأس رویشی گیاه را از میان خاك تسهیل می بخشد.

جنبشهای چرخشی

جنبشهای چرخشی، در اصل تحریکات درونی هستند. لیکن نیروی خارجی مانند ثقل زمین یا برخورد نیز ممکن است نقشی ایفا کنند. این جنبشها هنگامی به وجود می آید که سلّولهای ساقهٔ گیاهان بالارونده مانند گل نیلوفر به اندازه های مختلف طویل می شوند. این امر باعث

رشد مارپیچی مشهودی می گردد (برخلاف جنبشهای مارپیچی که قبلاً در مورد پیچکها توضیح داده شد، این جنبشها با چشم قابل دیدن نیستند). پیچش پیچکها که ابتدا با برخورد شروع می شود از طویل شدن سلّولها در یک سمت ساقه و انقباض سلّولهای سمت مخالف صورت می گیرد و به دنبال آن، مقادیر متفاوت رشد اتّفاق می افتد (شکل ۷-۱۱). برخی پیچکها توسّط اکسین و بعضی دیگر به وسیلهٔ اتیلن تحریک به پیچش می شوند.

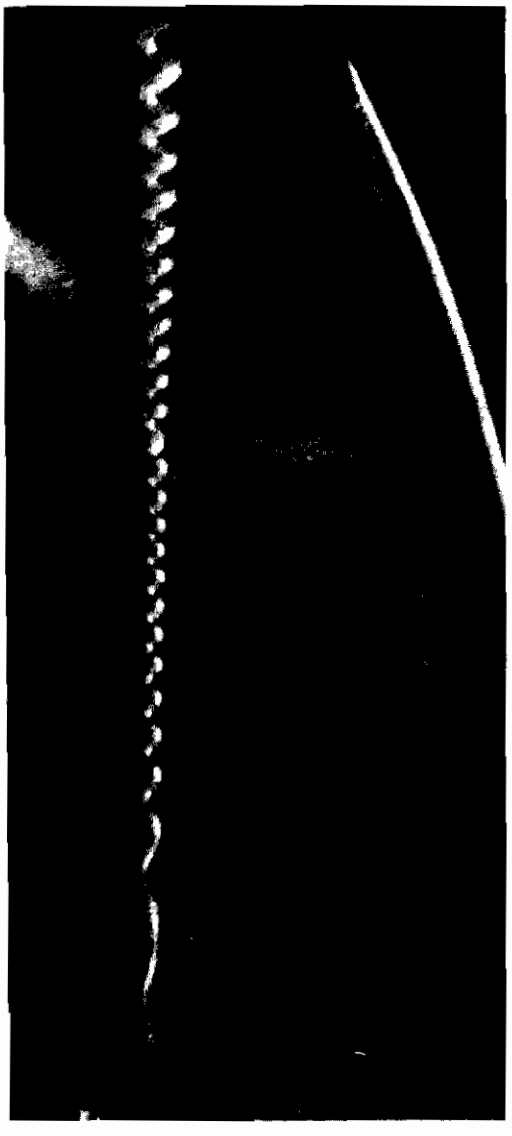
حرکات انقباضی

در فصل ۶ ما متوجّه شدیم که پیازهای تعدادی از دولپّه ایها و تک لپّه ایها دارای ریشه های انقباضی هستند که آنها را به عمق زمین می کشند. به عنوان مثال، در سوسن، دانه ها در سطح رویش می کنند ولی سرانجام پیازهای تولید شده به علّت فعّالیتهای انقباضی ریشه ها در ۱۰ الی ۱۵ سانتیمتر زمین قرار می گیرند. شواهدی وجود دارد مبنی بر این که نوسانات درجهٔ دما در سطح زمین، مدّت ادامهٔ انقباض را تعیین می کند. زمانی که پیاز به اندازهٔ کافی در عمق قرار گرفت و اختلاف درجهٔ حرارت بین روز و شب کم شد، انقباضها متوقّف می شوند. پس از آن که ریشه های هوایی انجیر معابد با زمین تماس حاصل کردند به وسیلهٔ انقباض راست می شوند. ریشه های گیاه ترشک به مقدار ۲/۲ میلیمتر در روز انقباض نشان می دهد.

جنبشهای خمودگی (ناستیکی)

زمانی که اندامهای پهن گیاهان، مانند برگها، و گل برگها ابتدا از جوانه ها ایجاد می شوند آنها بطور مشخّصی به صورت متناوب به سمت پایین یا بالا خم می شوند. هنگامی که سلّولهای بخشهای بالایی و پایینی برگها به صورت تناوبی سریعتر از بخشهای مقابل طویل می شوند، آنها به سمت بالا یا پایین خمیدگی حاصل می نمایند. این حرکات فاقد جهت (حرکاتی که در جهت یا خلاف جهت محرّك نیستند)، حرکات ناستی نامیده می شوند. در گیاهان مارانتا (Maranta sp.) (شکل ۱۱-۱۱) و بعضی گیاهان دیگر که برگها و گلها روزانه باز و بسته می شوند، فشار تورژسانس و همچنین محرّکهای خارجی، مانند نور و دما نیز با آن در ارتباطند. این حرکات و جنبشها به وسیلهٔ ساعت بیولوژیکی در چرخه های تقریباً ۲۴

ساعته کنترل می شوند که موسوم به «آهنگ شبانه روزی» هستند (بخش حرکات تورژسانس در همین فصل). در تعدادی نمونه ها، حرکات ناستی ظاهراً توسّط محرّکهای خارجی القا می شوند.



شکل ۷-۱۱ پیچ‌خوردگی طبیعی گیاه .Marah spp.

حرکات ناشی از محرّکهای خارجی

حرکات دایمی و جهت دار ناشی از محرّکهای خارجی معمولاً تروپیسم نامیده می شوند.

فتو تروپیسم (نورگرایی)

ساقه های اصلی اکثر گیاهان که در فضای باز رشد می کنند تمایل دارند به صورت عمودی رشد کنند، با این که انشعابات شاخه ها غالباً افقی هستند. اگر یک جعبه در بالای گیاهی که به صورت عمودی رشد می کند قرار داده و یک روزنه در آن بریده شده تا به نور اجازهٔ تابش از یک جهت را بدهد، نوك گیاه در طیّ چند ساعت به سمت نور خم می گردد. اگر بعداً جعبه برداشته شود، خمیدگی جبرانی ایجاد شده، باعث می شود که نوك گیاه مجدّداً عمودی رشد نماید. چنین حرکت رشدی به سمت نور **فتوتروپیسم مثبت** نام دارد (شکل ۸-۱۱). در حالی که خمیدگی مشابه در خلاف جهت نور ***فتوتروپیسم منفی*** نامیده می شود، نوك ساقه های اکثر گیاهان، فتو تروپیسم مثبت دارند، در حالی که ریشه ها، یا نسبت به نور بی تفاوت، و یا دارای فتو تروپیسم منفی هستند.

برگها غالباً در امتداد دم برگ خود، پیچ می خورند. و در پاسخ به روشنایی به صورت عمودی به سمت منبع نور جهت یابی می کنند. در حقیقت بسیاری از گیاهان دارای برگهایی هستند که خورشید را دنبال می نمایند و پهنک آنها در طیّ روز به سمت خورشید جهت گیری می کنند. گاهی این گیاهان دنبال کنندهٔ خورشید را هلیوتروپیسم (خورشید گرا) می نامند؛ ولی برخلاف فتوتروپیسم ساقه ها و ریشه ها، حسّاسیت نشان نمی دهند در حقیقت پیچ خوردگی دم برگها که این نوع حرکات را تسهیل می بخشد بایستی فتوتورژن[1] نامید، زیرا سلّولهای موتوری (در پولونیوسها ـ به حرکات تورژسانس بخشهای بعدی مراجعه شود) در اتّصال با پهنک و دم برگ این حرکات را کنترل می کنند. اگر کسی مستقیماً از بالا به یک درخت مانند چنار و یا یک بالا رونده مانند مو نگاه کند شاید از این که برگها چگونه به حدّ بسیار کمی روی هم قرار می گیرند تعجّب کند. برگها طوری قرار می گیرند که بیشترین مقدار نور ممکن را دریافت کنند.

1- Phototorsion

قبلاً دریافتیم که اگر نوك کلئوپتیل، پوشیده یا برداشته شود، کلئوپتیل به سمت نور خم نخواهد شد و این که در نوك ساقه اکسین تولید می شود (شکل ۱-۱۱) همچنین متوجّه شدیم که اکسین حدّ اقل در غلظتهای مشخّصی طویل شدن سلّولها را هدایت می کند. زمانی فکر می شد اکسین در رأس در سمت نور تخریب و غیر فعّال می شود و به این دلیل ساقه به سمت نور خم می شود. بدین صورت هورمون محرّك رشد به مقدار بیشتری در سمت دور از نور باقی مانده و این باعث می شود سلّولهای آن قسمت بیشتر رشد کنند و ایجاد خمیدگی شود. ولی آزمایشات دقیق نشان داده است که رأس ساقه ای که بطور آزاد رشد می کند همان مقدار اکسین را داراست که رأس ساقه همان گونه در حالتی که نور از یک جهت آن برخورد می کند. آزمایشات دیگر نشان می دهند که اکسین از نور دور شده، بنابراین رشد سلّولها بیشتر در سمت دور از نور تشدید می شود. ظاهراً یک سیستم انتقال فعّال قادر است اکسین را برخلاف شیب انتقال حرکت دهد.

شکل ۸-۱۱ فتوتروپیسم (گرایش نوری). این گیاه حسن یوسف به نوری که از یك سمت در مدّت چند هفته دریافت کرد فتوتروپیسم مثبت نشان داد.

شدّتهای مختلف نور، پاسخهای فتو تروپیسمی مختلفی دارند. به عنوان مثال، در گیاه علف برمودایی (*Cynodon dactylon*) ساقه ها در سایه رشد ستونی داشته و در آفتاب با سطح زمینی موازی رشد می کنند. در گیاهان دیگر مانند گل سرخ صخره ای اروپایی (*Helianthemum vulgare*) که بین صخره ها و روی دیوارها رشد می کند، گلها فتو تروپیسم مثبت دارند؛ ولی زمانی که به آنها کود داده می شود فتو تروپیسم منفی نشان می دهند. به تدریج که دم گلهای فرعی طویل می شوند میوه ها را درون درزها و شکافها پنهان می کنند که بعداً امکان رویش دانه ها فراهم شود. پاسخهای فتو تروپیسمی به گیاهان گلدار محدود نمی شود. برای مثال، تعدادی از قارچها پاسخهای مثبت نسبت به نور نشان می دهند. بعضی از قارچها که برروی مدفوع اسب رشد می کنند بطور آشکاری فتو تروپیسم مثبت نشان می دهند (فصل ۱۸).

زمین گرایی گراوی تروپیسم (ثقل گرایی)

پاسخهای رشد به محرّك نیروی ثقل، ***گراوی تروپیسم*** نامیده می شوند. ریشه های اصلی گیاهان زمین گرا هستند، در حالی که ساقه های محوری و اصلی گیاه گراوی تروپیسم ـ زمین گرا منفی هستند (شکل ۹-۱۱). بطوری که در فصل ۶ نشان داده شده اندامهای گیاهی، گرایش ثقل زمین را از طریق نقل و انتقال دانه های نشاسته در سلّولهای خاصّی از کلاهک ریشه ایجاد می کنند. این سلّولهای اختصاصی بنام استاتولیت در رؤوس کلئوپتیل و در اندودرم نیز یافت می شوند. هنگامی که یک گیاه در گلدان کاشته شد و در محلّ خود قرار گرفت دانه های نشاسته در استاتولیتها در طیّ چند دقیقه به سمت پایین جاری می شوند و یا می غلتند تا وقتی که آنها در سمت سلّولهای نزدیکتر به محرّك گرایش مستقر شوند. در ریشه ها، سلّولهای سمت مخالف محرّك در عرض یک یا دو ساعت شروع به طویل شدن می کنند و خمیدگی به سمت پایین ایجاد می شود، در حالی که در ساقه ها عکس آن رخ می دهد. برخی پیشنهاد کرده اند که میتوکندریها و اجسام گلژی (دیکتیوزومها) نیز نسبت به گرایش پاسخ می دهند. ولی دقیقاً نحوه ای که اندامهای سلّولی یا دانه های نشاسته تروپیسم را هدایت می کنند مشخّص نیست. احتمالاً اکسین و ABA در کنار یونهای کلسیم معرفهای مربوط به رشد طولی است تا آن جایی که این خمیدگی گراوی تروپیسم را تولید نمایند.

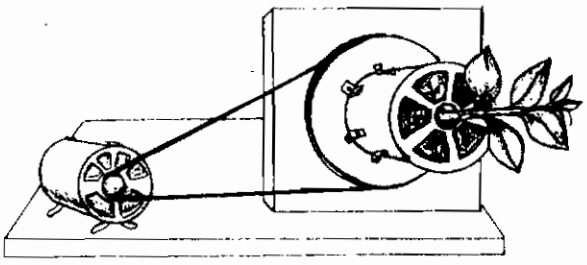
شکل ۹-۱۱ این گیاه حسن یوسف یك روز قبل از عکس برداری به‌پهلو قرار داده شد. ساقه‌ها در عرض ۲۴ ساعت از گلدان خوابانده شده به‌طرف بالا رشد کردند.

محرّك گراوی تروپیسم به وسیلهٔ چرخاندن گیاهی که به صورت افقی قرار دارد بی اثر می شود. از روش ساده یعنی از کلینوستات که از یک موتور و چرخ برای چرخاندن آهستهٔ گیاه طول محور افقی تشکیل شده می توان استفاده نمود (شکل ۱۰-۱۱). هنگامی که گیاه می چرخد ساقه و ریشه به جای این که حسّاسیت مشخصّی نسبت به زمین گرایی نشان دهند بطور افقی رشد می کنند. لذا دانه های نشاستهٔ موجود در استاتولیتها و دیگر اندامکهای سلّولی در طیّ مدّتی که گیاه حرکت می کنند، ثابت نیستند. این امر، از انتقال اکسین که باعث رشد طولی و انحنا در ریشه و ساقه می شود جلوگیری می نماید.

تروپیسمهای دیگر

وقتی که یک گیاه یا بخشی از آن در نتیجهٔ تماس و برخورد با اجسام پاسخ می دهد این پدیده را تماس گرایی (*تیگمو تروپیسم*) نامند. یکی از متداولترین پاسخهای تماس گرایی،

در پیچش پیچکها و ساقه های گیاهان بالا رونده مشاهده می شود (شکلهای ۱۰-۷ و ۷-۱۱). چنین پاسخهایی نسبةً سریع است بطوری که بعضی پیچکها در طیّ یک ساعت دو دور یا بیشتر حول محوری پیچ می خورند. در نتیجه سلّولهای سمت برخورد به کُندی کوتاه می گردند، در حالی که سلّولهای سمت مخالف طویل می شوند و به همین جهت پیچش می شود.



شکل ۱۰-۱۱ یك دستگاه کلینوستات.

مشخّص شده است که ریشه ها به درون لوله های آب و فاضلاب ترك خورده، نفوذ می کنند. همچنین معلوم شده است که ریشه ها در پاسخ به آب تا فواصل قابل ملاحظه ای به سمت بالا کشیده می شوند. بعضی چنین واکنشهای ریشه را رطوبت گرائی *هیدروتروپیسم* نامند. لیکن امروزه اکثر فیزیولوژیستهای گیاهی تردید دارند که پاسخهای مربوط به آب و چندین پاسخ دیگر تروپیسم حقیقی باشند. دیگر محرّکهای خارجی که تولید پاسخهای تروپیسمی را می کنند و توسّط بعضی دانشمندان تروپیسم شناخته شده اند عبارتند از: موادّ شیمیایی (شموتروپیسم)، دما (ترموتروپیسم)، جراحت (تراموتروپیسم)، الکتریسیته (الکتروتروپیسم)، تاریکی (اسکوتو تروپیسم) و اکسیژن (اثرو تروپیسم). مشاهده شده که تراکم بالاتری از ریشه ها در طرفین شمال و جنوب گیاهچه های گندم رخ می دهد و پیشنهاد گردیده که نیروهای مغناطیسی ممکن است با آن در ارتباط باشند. برای این پدیده، اصطلاح ژئوماگنو تروپیسم توصیه شده است. بعضی از این پدیده های تروپیسمی و *تروپیسم مانند* ابتدا به وسیلهٔ عوامل مصنوعی القا شده اند؛ ولی بقیّه به صورت منظّمی در طبیعت اتفاق می افتند. برای مثال، دانه های گرده در حال رویش تولید لولهٔ طویلی را می نمایند که ضمن انتشار موادّ شیمیایی رها شده از گل را دنبال می کند، و این یک کموتروپیسم لحاظ می شود. پاسخهای ترموتروپیسم به دماهای پایین ممکن است در ساقه های بسیاری از علفهای هرز متداول دیده

شود. در زمان غلبهٔ دمای پایین ساقه ها به صورت افقی رشد می کنند ولی هنگامی که دما بالاتر است به رشد عمودی باز می گردند.

جنبشهای ناشی از تورژسانس

جنبشهای تورژسانس، از تغییرات فشارهای آب درونی ناشی می شوند. سلّولهای مربوطه ممکن است بافتهای پارانشیمی معمولی، و یا سلّولهای درون برآمدگیهایی بنام پولوینی مستقر در قاعدهٔ برگها و برگچه ها باشند، برخی حرکات تورژسانس کاملاً محسوس می باشند و ممکن است در کمتر از یک ثانیه رخ دهند، بقیّه شاید زمانی تا ۴۵ دقیقه را برای رویداد لازم داشته باشند.

جنبشهای خواب

گیاهان گلدار چندین خانواده مخصوصاً خانوادهٔ حبوبات (شامل نخود و لوبیا) دارای حرکاتی هستند مثل ورود به حالت خواب که طیّ آن برگها و یا گل برگها تا می خورند (شکل ۱۱-۱۱). تا خوردن و بازشدن معمولاً در چرخه های منظّم روزانه وجود دارد، تاخوردگی بیشتر در غروب، و بازشدن در صبح صورت می گیرد. چنین چرخه هایی که به صورت بسیار گسترده ای در سلسلهٔ جانوران به اثبات رسیده است، ***آهنگهای شبانه روزی*** نام دارند. آهنگهای شبانه روزی اگرچه با تغییرات طول روز و فصول در ارتباط هستند ولی به نظر می رسد که از درون کنترل می شوند. در هر صورت آنها با افزایش دما تشدید نمی شوند، زمان سنج حقیقی آهنگهای شبانه روزی برحسب گونه ها، متفاوت است؛ اگرچه اکثر گیاهانی که دارای حرکات خواب هستند این پدیده در آنها در طلوع و غروب آفتاب اتّفاق می افتد. ولی چندین گونهٔ گیاه، گلهای خود را در ساعتهای مختلفی از شب باز می کنند.

حدود ۲۰۰ سال پیش، گیاه شناس معروف سوئدی لینه در قسمتهایی از یک باغ دایره ای گیاهانی را که جنبشهای خواب داشتند کشت کرد. گیاهان در سلسله مراتب از حرکات خواب خود در طیّ یک شبانه روز (۲۴ ساعته) قرار داده شده بودند. انسان از مشاهدهٔ این که چه بخشی از باغ در خواب و چه بخشی بیدار می باشد می توانست حدس بزند چه ساعتی از شبانه روز است. کسان دیگری هم طرح باغ ساعتی را اجرا کردند ولی هزینه و مشکلات دست یابی به تمام گیاهان از نقاط مختلف دنیا و کشت مجدّد آنها هرساله، ادامهٔ این کار را مشکل کرد.

شکل ۱۱-۱۱ یك گیاه مارانتا. الف ـ گیاه در ساعات ۱۲ ظهر. ب ـ همان گیاه در ساعت ۱۰ شب بعد از این که خواب برگها رخ داده است.

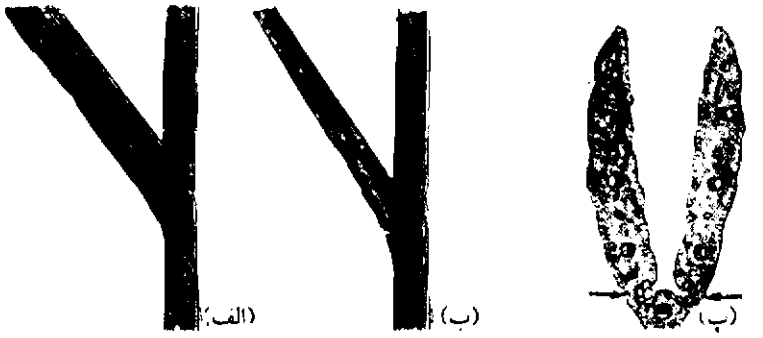
این جنبشها به وسیلهٔ تغییرات تورژسانس ایجاد شده که در نتیجه عبور آب به درون و بیرون سلّولها که در قاعدهٔ برگها و برگچه ها قرار دارند صورت می گیرد. عملکرد این حرکات مشخّص نیست و آهنگها نیز به حرکات خواب منحصر نمی شوند. گونه هایی از جلبکهای دریاهای گرم بنام دنیوفلاژله ها (فصل ۱۷) در طیّ پدیدهٔ بیولومنیانس (فرایندی که طیّ آن، انرژی شیمیایی مجدّداً به انرژی نورانی بر می گردد) در تاریکی نورافشانی می کنند. یک گونه از آنها همیشه در ۲ یا ۳ دقیقه بعد از نیمه شب به وضوح می تابد حتّی اگر در محیط کشت با نور یک سره نگاهداری شود. همچنین این دنیوفلاژله خاص هنگامی که ظروف محتوی مادّهٔ محیط کشت که در آن جلبک قرار دارد در ظروف بستهٔ دیگر قرار داده شوند می تابد. این جلبک انواع دیگری از آهنگهای شبانه روزی را اجرا می کند. یک آهنگ در ارتباط با تقسیم سلّولی است به این صورت که حداکثر تقسیمات سلّولی درست قبل از طلوع آفتاب صورت می گیرد. آهنگ دیگر مربوط به فتوسنتز است که راندمان آن در ظهر به حدّاکثر خود می رسد.

نوع دیگری از آهنگ شبانه روزی در خیزران کبیر آسیایی مشاهده می شود. این گیاه هر ۳۳ یا ۶۶ سال یک مرتبه پایه های گل زای بزرگی را تولید می کند حتّی اگر گیاه در قارّه های دیگر نشا شده و در شرایط مختلفی کاشته شوند. این پایه های گل زا تمام ذخایر انرژی خیزران را

مصرف می کند، که آنها نیز مدّت کوتاهی بعد از ظاهرشدن از بین می روند. این پدیده مشکل خاصّی را در بعضی شهرها ایجاد نموده است. به این صورت که کلیهٔ نشاهای خیزران که از یک گیاه ایجاد شده بعداً از گل دهی بکلّی از بین می روند.

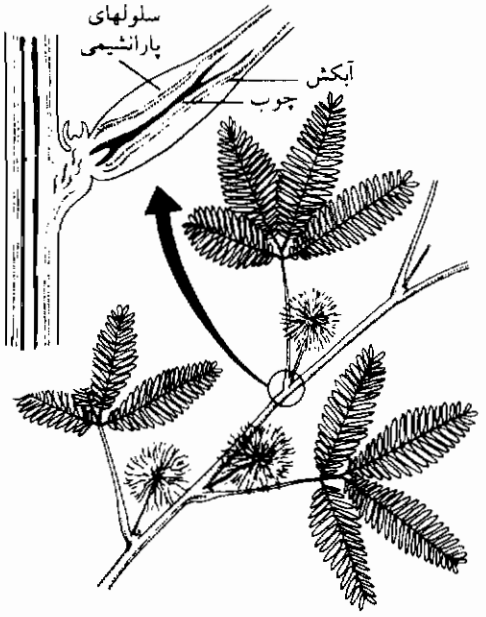
جنبشهای ناشی از تماس

حرکات ناگهانی گیاهان اوتریکولاریا (فصل ۷)، ظاهراً مربوط به تغییرات تورژسانس ایجاد شده به وسیلهٔ تغییرات الکتریکی حاصل از برخورد و یا در نتیجه اختلاف نور یا درجه حرارت می باشند. حرکت دام گیاه مگس گیر دیونه (فصل ۷) به روش مشابهی صورت می گیرد؛ ولی تحقیقات اخیر نشان داد که تلهٔ شکار هنگامی بسته می شود که سلّولهای روپوست خارجی بسرعت متورّم شده و زمانی که سلّولهای بشرهٔ داخلی به طریق مشابهی منبسط می شوند تله مجدّداً باز می شود. حدود $\frac{1}{3}$ از ATP موجود در سلّولها در هر حرکت مصرف می شود بطوری که اگر بین تحریکات تکراری به وسیلهٔ تماس فرصت کافی جهت دوباره بازیابی ATP نباشد، کرکهای حسّاس تلهٔ شکار خسته می شوند.



شکل ۱۲-۱۱ جنبش ناشی از حفظ آب در برگ علف وقتی که آب کافی برای حفظ فشار تورژسانس معمولی وجود نداشته باشد. الف ـ برگ در هنگامی که آب کافی وجود داشته باشد؛ ب ـ برگ در هنگامی که به سمت بالا تا خورده است؛ ث ـ یك منظرهٔ بزرگ شدهٔ مقطع عرضی برگ تاخورده که در آن سلّولهای بزرگ دیوارهٔ نازك بولی فرم (به وسیلهٔ فلش) نشان داده شده است. این سلّولها هنگامی که شرایط خشکی حکم فرماست آب خود را از دست داده و باعث می شوند که برگ به سمت بالا تا شود.

گیاه حسّاس *Mimosa pudica* برآمدگیهای رشد یافته ای (پولونیوسها) در قاعدهٔ بسیاری از برگچه ها و یک پولونیوس بزرگ در قاعدهٔ هر دم برگ دارا می باشد (شکل ۱۳-۱۱). هنگامی که برگ توسّط تماس، حرارت یا باد، تحریک می شود، نوعی واکنش زنجیره ای در محلّی که یونهای پتاسیم از یک نیمهٔ هر پولونیوس به نیمهٔ دیگر حرکت می کنند، به وجود می آید. این عمل با نقل و انتقال سریع آب از نصف سلّولهای پارانشیمی پولونیوس به نصف دیگر دنبال می شود. حاصل این عمل، کاهش تورژسانس و تاخوردگی تمام برگچه ها و برگها می باشد (شکل ۱۴-۱۱). اگر بخشی از گیاه حسّاس بریده شده و سپس فوراً با قطعه ای چوب پنبه به لوله ای پُر از آب متصل شود، می توان مشاهده کرد که چیزی از بالای بریدگی و از میان آب عبور می کند. در طیّ چند دقیقه بعد از این که یک برگ بالایی تحریک می شود، یک یا دو برگ زیر بریدگی نیز تا می خورد. اگرچه نشان داده شده است که یونهای پتاسیم، از سلّولهای پولونیوس که تورژسانس خود را از دست داده اند خارج می شوند ولی مشخّص نیست که آیا تحریکات به وسیلهٔ یونها در طول لولهٔ چوب پنبه ای و درون آب هدایت می شود، یا بارهای الکتریکی یا چیز دیگر. یک پاسخ معمولی به یک محرّک توسّط گیاه حسّاس، از چند ثانیه تا کمتر از ۲ دقیقه روی می دهد.



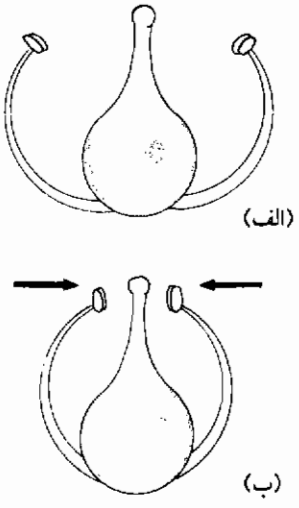
شکل ۱۳-۱۱ مقطع طولی از پولونیوس گیاه حسّاس (Mimosa pudica).

شکل ۱۴-۱۱ حسّاسیت و پاسخ گیاه حسّاس به‌تماس. برگچه‌های برگ پایینی در پاسخ به‌تماس تا شدند در حالی که برگهای دیگر کاملاً باز ماندند.

گیاه ترشک شبدری (*Oxalis oregana*) که برگچه های آن نیز دارای پولونیوس هستند در سطح جنگلهای چوب سرخ در جاهایی که تنها $\frac{۱}{۲۰۰}$ نور کامل آفتاب می تابد بخوبی رشد و نموّ می نماید. گاهی نور جهت آسیب رسانی به برگهای حسّاس این گیاه ممکن است بطور موقّتی از جنگل نفوذ و برگچه ها در ۱۰ ثانیه به سمت پایین شروع به تاخوردن می کنند و در مدّت ۶ دقیقه کاملاً تا خورده می شوند. وقتی که نور روشنتر از بین برود، تا خوردگی برگچه ها مجدّدا برطرف می شود.

جنبشهای تماسی، منحصر به برگها نمی شوند. در بسیاری از گلها، پرچمها و اجزاء دیگر جنبشهایی را انجام می دهند. چنین جنبشهایی غالباً گرده افشانی را آسان می کنند. کلاله های دریافت کنندهٔ گرده در گلهای درخت سوسیس آفریقایی (*Kigelia pinnata*) دو لبه، هنگامی که دانه های گرده روی آنها می نشینند به داخل تا خورده و دانه های گرده را در بر می گیرند. کلاله های گل میمون و گل مخروطی آسیایی (*Strobilanthes* spp.) حرکات تورژسانس مشابهی را در رابطه با تماس نشان می دهند. پرچمهای حاوی گرده در زرشک و نسترن در اثر تماس بطور ناگهانی تحریک شده و حشرات گرده افشان را مجهّز به دانه های گرده می نمایند (شکل ۱۵-۱۱). بعضی از گلهای ارکیده، جالبترین حرکات تماسی را نشان

می دهند که شامل حرکاتی هستند که به وسیلهٔ آنها کیسه های کوچک گرده در اثر نیرویی به حشرات گرده افشان متّصل می شوند. حتّی در چند نمونه حشرات در مخزنهای کوچکی از مایع فرو رفته و هنگام فرار از سوراخ نهایی درون مایع بار گردهٔ خود را تحویل می گیرند. (شکل ۱۶-۲۲).



شکل ۱۵-۱۱ جنبش تماس در پرچمهای گل زرشک : الف ـ موقعیّت پرچمها قبل از تماس؛ ب ـ موقعیّت پرچمها بعد از تماس و خم‌شدن آنها به‌طرف داخل.

جنبشهای ناشی از حفظ آب

برگهای بسیاری از علفها دارای سلّولهای خاص با دیواره ای نازك (سلّولهای بولی فورم) در زیر شیارهای طولی و موازی سطح هستند. در زمانی که آب کافی در دسترس نباشد، این سلّولها تورژسانس خود را از دست می دهند، برگ لوله شده و یا تا می‌خورد(شکل۱۲-۱۱). مطالعات روی علفهای مرغزار نشان داده است که لوله شدن برگ بطور مؤثری تعرّق را تا ۵ الی ۱۰ درصد کاهش می دهد.

تاکتیسمها

تاکتیس یک نوع جنبشی است که یا به تمام گیاه و یا به سلّولهای تولید مثلی آن مربوط

می شود (به فصلهای ۱۷ و ۲۲ مراجعه شود). این پدیده در گیاهان گلدار اتّفاق نمی افتد. سلّولها یا موجودات زنده در پاسخ به محرّك به وسیلهٔ تازك (زایده های شلاّق مانند) و یا مژك (زائده های کوچکتر) جا به جا شده و در جهت یا خلاف جهت منبع محرّکه حرکت می کنند. محرّکها شامل موادّ شیمیایی، نور، اکسیژن و حوضه های گرایش ثقلی می باشند. برای نمونه در سرخسها ساختمان تولید مثلی مادهٔ یک مادّهٔ شیمیایی تولید می کند که سلّولهای تولید مثلی نر (اسپرمها) را به یک پاسخ کموتاکتیسم وادار می کنند، یعنی اسپرمها به سمت منبع شیمیایی شناور می شوند. جلبکهای تک سلّولی خاص پاسخهای فتوتاکتیسم را نشان می دهند و طیّ آن در جهت یا خلاف جهت منبع نور شنا می کنند. دیگر موجودات مشابه، در پاسخ به تغییرات غلظت اکسیژن جنبشهای آئروتاکسی نشان می دهند.

جنبشهای مختلف دیگر

کپکهای مخاطی (فصل ۱۸) برروی کنده های مرطوب و آشغالها زندگی می کنند. پروتوپلاسم آنها که در طیّ مراحل فعّال رویشی فاقد دیوارهٔ سلّولی است بر سطح برگهای مرده و دیگر مواد شبیه ژلاتین نازکی به آرامی حرکت می کنند. باکتریهای سبز آبی بخصوصی (نظیر اوسیلاتوریا) در حرکات لغزشی در کنار یکدیگر به آرامی به عقب و جلو یا بالا و پایین حرکت می کنند. دیاتومهای تک سلّولی (جلبکهای تک سلّولی با صدفهای نازك و شفّاف) ظاهراً حرکات سریعی دارند. لیکن تا کنون چگونگی انجام این حرکات مشخّص نشده است. شواهدی وجود دارد که فیبریلهای فرا میکروسکپی امواج یکنواختی را ایجاد می کنند که منجر به حرکات منظّمی می شوند. بعضی مواد ظاهراً با فشار از سلّول خارج می شود و استکاك آنها با مایع حرکت‌ایجاد می کند.

حرکات آب دهی، ارتباطی با سلولهای زنده یا هورمونها ندارند. نیروها تماماً فیزیکی هستند. این حرکات به وسیلهٔ آب، خشک شدن غشاها و بافتها ایجاد می شوند. میوه های مجزّای گیاهان عطری وحشی و دیگر اعضای خانوادهٔ شمعدانی دارای زواید نوك تیز، سفت و طویلی هستند که به تغییرات رطوبت حسّاسند. هنگامی که رطوبت در طیّ روز کاهش می یابد، میوه ها پیچ می خورند و سپس در شب که رطوبت افزایش می یابد پیچ آنها باز می شود. این پیچ خوردن و باز شدن متناوب باعث می شود میوه های نوکدار خودشان را به درون خاك بکارند (مانند یک در بطری بازکن عمل می کنند) (شکل ۲۷-۸).

بسیاری از میوه‌های *نیام مانند و خشک*، هنگام بلوغ، با نیروهای انفجاری به طرق مختلفی شکوفا می شوند و گاه دانه ها را تا ۱۲ متر پرتاب می نمایند. مثالهایی از این میوه ها شامل نخود وحشی و شقایق مکزیکی می باشد. در گیاهان منزمبریاتیموم و گیاه سنگی (.Sedum spp) (هردو از گیاهان گوشتی هستند) باران و شبنم باعث می شوند غشاهای میوه های بالغ متورّم شوند. فشارهای درون خیار وحشی (.Ecballium spp) باعث می شوند میوه ها و دانه ها تا ۱۰ متر به بیرون پرتاب شوند. داروا شهای کوتاه که انگل درختان مخروط دار هستند میوه های چسبناك و ریزی را تولید می کنند که بطور ناگهانی آزاد شده و به تنه ها و شاخه های درختان مجاور می چسبند.

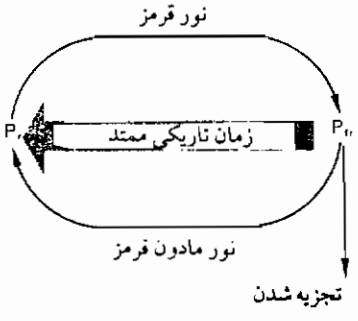
فیتوکروم

فیتوکروم، یک رنگدانهٔ پروتئینی آبی کمرنگ ولی شگفت آوری است که ظاهراً در تمام گیاهان تکامل یافته حضور داشته و با جذب نور رابطه دارد. گرچه حضور فیتوکروم از چندین سال قبل احساس شده بود بطور معمول قابل دیدن نیست. لیکن برای اوّلین بار در سال ۱۹۵۹ جداسازی شد. یک ابزار مخصوص جداسازی رنگدانه بایستی برای نمایان ساختن آن ساخته می شد. تنها مقدار بسیار کمی از آن بخصوص در بافتهای مریستمی ساخته می شود. این رنگدانه در دو شکل پایدار که به یکدیگر قابل تبدیل می باشند دیده می شود. P_{red} یا P_r شکلی است که نور قرمز را جذب می کند، P_{fr} یا $P_{far-red}$ شکل وابستهٔ آن است که نور پائین قرمز موجود در حاشیه طیف نور مرئی را جذب می کند. هنگامی که هرکدام از آنها نور خاص را جذب کنند به شکل دیگری تبدیل می شوند بطوری که P_r در زمان جذب نور قرمز تبدیل به P_{fr} می شود و P_{fr} با جذب نور پائین قرمز به P_r تبدیل می گردد. P_r بطور دایمی در تاریکی پایدار است. تأثیر عادی نور در طبیعت به این صورت است که بیشتر P_r را به P_{fr} تبدیل کند تا حالت عکس آن. P_{fr} در تاریکی در طیّ چندین ساعت به P_r برگشته یا غیر فعّال می شود ولی تبدیل آن در حضور نور مناسب، آنی است (شکل ۱۶-۱۱).

رنگدانه های فیتوکروم، نقش در پاسخهای بسیار متنوّعی در گیاهان دارند. آنها با چندین پدیدهٔ نموّ گیاهان، نورگرایی (در قسمت بعد توضیح داده می شود)، تغییرات

پلاستـهـا، تولیـد رنگدانه هـای آنتـوسـیـانین ، و ردیابی سـایه به وسـیلهٔ گـیـاهـان دیگر ارتباط دارند. یکی از پدیده هایی که بیشتر مورد مطالعه در رابطه با رنگدانه های فیتوکروم بوده است رویش دانه هاست. برای مـثـال، بعـضی دانه ها در تاریکی رویش نمی کنند، ولی بخش قرمز طیف نور خورشید P_r را به P_{fr} تبدیل می کند که به نوبهٔ خود تا حدّی مکانیسم جـوانه زنی را سـبب می شـود. اگـر برای چنین دانه هایی (نظیـر دانه هـای کـاهو) شـرایط رطوبت و اکـسـیـژن مناسب باشـد، و در مـعـرض نور قـرمز قـرار گـیـرند بسادگی جـوانه خواهند زد. ولی اگر به آنها نور پائین قرمز داده شود رویش نخواهند کرد. به علاوه اگر دانه ها بطور متناوب در معرض تابش نور قرمز و پائین قرمز قرار گیرند، نوع نور در تابش نهایی مشخّص می کند که آیا دانه ها جوانه می زنند یا خیر. در اثر آخرین تابش نور قرمز که مدّت آن تنهـا چند ثانیه بـاشـد دانه ها جـوانـه می زنند، ولی اگـر نور پائیـن قـرمـز باشـد جـوانه زنی انجام نمی شود.

زمانی که یک گیاهچه ابتدا از خاك بیرون می آید نور P_r را به P_{fr} تبدیل کرده، کاهش ناگهانی در تولید اتیلن توسّط سلّولها حاصل می شود. این کاهش به نوبهٔ خود اجازه می دهد تا خمیدگی هیپوکوتیل از بین برود و گیاهچه راست به طرف بالا رشد کند. طویل شدن ساقه ها به نظر می رسد توسّط P_{fr} مهار شود. مکانیسم آن قدر حسّاس است که در طیّ تابش تنها ۳ ثانیه از نور مـاه روشن در گیـاهـچـه های یولاف اتیـوله شـده (گـیـاه دوکی و کـمـرنگ ناشی از رشـد در سـایه)، میـانگره های کوتاه تولیـد شـوند. ولی زمـانی کـه سـاقـه هـای یک درخت در سـایه قـرار می گیـرند، نور فـرا قـرمـز بیـشـتـر به آنهـا رسـیـده سـبب می شـود کـه P_{fr} به P_r تبـدیل شـود؛ بنابراین، قدرت بازدارندگی کـاهش می یابد، بطوری کـه سـاقـه ها طویلتر شده و از سـایه خارج می شوند.



شکل ۱۶-۱۱ تبدیل فیتوکرومها به یکدیگر.

فتوپریودیسم

در اوایل دههٔ ۱۹۰۰ دو فیزیولوژیست گیاهی آمریکایی بنامهای گارنر و آلارد درخصوص واریته ای از توتون که در نزدیک واشنگتن دی سی رشد می کرد کنجکاو شدند. گیاه در تابستان تا ارتفاع ۳ تا ۴ متر رشد می نمود ولی گل تولید نمی کرد مگر این که در زمستان به گلخانه برده می شد. اگر این گیاهان در یک گلخانه درون گلدان کاشته می شدند تنها یک متر قبل از گل دهی بلند می شدند. گارنر و آلارد تصمیم گرفتند ببینند چه اتّفاقی می افتد اگر گیاهان توتون و همچنین گیاهچه های سویا را که در واشنگتن قبل از سپتامبر (شهریور) شکوفه نمی دهند از ساعت ۴ در تاریکی مطلق بعد از ظهر تا ۹ صبح قرار دهند. آنها متوجّه شدند که در این صورت تمام گیاهان گل تولید کردند. مطالعات بعدی آنها نشان داد که طول روز (در حقیقت طول شب) در بسیاری از گیاهان با شروع گل دهی ارتباط مستقیم دارد. آنها نتایج تحقیقاتشان را در سال ۱۹۲۰ منتشر کردند. بعداً پدیده ای را که آنها کشف کرده بودند فتوپریودیسم نامیده شد. (شکل ۱۷-۱۱).

شکل ۱۷-۱۱ فتوپریودیسم. پنج گیاه سلوزیا که در معرض طول روزهای مختلفی قرار گرفته‌اند. گیاه سمت چپ ۸ ساعت نور در روز دریافت نمود. گیاه سمت راست ۱۶ ساعت نور در روز دریافت داشت. گیاهان بین آنها (از چپ به‌راست) به‌ترتیب ۱۰، ۱۲، ۱۴ ساعت نور در روز را دریافت کردند. گیاهانیکه بیشتر از ۱۴ ساعت نور دریافت نمودند گل تولید نکردند.

طول بحرانی روز (یعنی حدّاکثر یا حدّاقل طول روز) برای شروع گل دهی غالباً حدود ۱۲ تا ۱۴ ساعت است، اگرچه ممکن است بطور قابل ملاحظه ای متفاوت باشد. گیاهانی که تنها در طول روز کوتاهتر از زمان بحرانی (یعنی در پاییز یا بهار) گل می دهند، ***گیاهان روز کوتاه*** نامیده می شوند. آنها شامل گیاهانی نظیر گل ستاره، گل داودی، گل کوکب، بنت قنسول، سورگوم، سالوی، توت فرنگی و بنفشه، می باشند. گیاهانی که تنها در روزهای بلندتر از زمان بحرانی نوری گل می دهند ***گیاهان روز بلند***نامیده می شوند. بعضی از این گیاهان، شامل چغندر، زبان در قفا، کاهو، سیب زمینی، اسفناج و گندم، می شوند. چنین گیاهانی معمولاً در تابستان گل می دهند لیکن زمانی که تحت نوردهی مصنوعی نیز قرار می گیرند گل خواهند داد. بر این اساس سبزیجات برگدار، نظیر کاهو و اسفناج، باید در بهار برداشت شوند و اگر گل و دانه موردنظر نیست مجدّداً در عرض جغرافیایی معتدله در پاییز کاشته شوند. زارعین سیب زمینی ایالات متّحده گیاهان خود را در مناطق شمالی می کارند که روزهای بلند تابستان گل دهی را تحریک نماید. ولی چون سیب زمینی، خود مستقل از گل تولید می شود، گیاهان برای هدف محصول دهی در هر اقلیمی که شرایط دیگر مناسب باشد کشت می شوند.

بعضی از علفها نظیر سورگاستروم (*Sorghastrum*) دو زمان بحرانی نوری دارند. چنین گیاهانی ***گیاهان روز متوسّط***نامیده می شوند. گیاهان دیگر، مخصوصاً گیاهان منطقهٔ گرمسیری در هر طول روزی گل می دهند. البتّه مشروط بر این که حدّاقل مقدار نور مورد نیاز رشد طبیعی خود را دریافت کنند. این گیاهان، ***گیاهان روز خنثی*** نامیده می شوند. بعضی از این گیاهان، عبارتند از لوبیا، همیشه بهار، میخک، سیکلامن، پنبه، علف چشمه، گل سرخ، گل میمون، گل آفتاب گردان، گوجه فرنگی، و همچنین بسیاری از علفهای هرز متداول نظیر گل قاصد.

در بعضی گیاهان، ممکن است اختلاف کمی در طول روز از نظر بحرانی اهمیّت داشته باشد. به عنوان مثال، بعضی واریته های سویا، زمانی که طول روز ۱۴ ساعت است گل نخواهند داد ولی اگر طول روز از ۱۴/۵ ساعت افزایش پیدا کند گل می دهند. این تفاوت ممکن است در عرض جغرافیایی کمتر از ۳۲۰ کیلومتر محسوس باشد. بطوری که واریته های خاصّی که در ایالات جنوبی کشت می شوند در ایالات شمالی آمریکا میوه تولید نمی کنند، و بالعکس.

گل فروشهای تجارتی و مالکین گلخانه ها از فتوپریود استفاده های زیادی می کنند. آنها نور مصنوعی را برای گل دهی گلهایی نظیر بنت قنسول، سوسنها و بعضی گیاهان دیگر به کار می برند تا این که در ایّامی که تقاضاهای زیادی برای آنهاست مانند روز مادر یا ایام کریسمس گل می دهند. شدّتهای نور مورد استفاده در بلند کردن مصنوعی روز می تواند خیلی کم باشد. غالباً کمتر از ۱۰ شمع ـ فوت (یعنی یک هزارم شدّت نور خورشید که به زمین می رسد: به بحث شمع ـ فوت فصل ۱۰ مراجعه شود) کافی است و می توانند از لامپهای تابنده حاصل شوند که طول موج قرمزی بیش از لامپهای فلورسنت دارند. بنابراین، تأثیر بیشتری بر فیتوکروم که در ارتباط با فتوپریودیسم است، بگذارند.

بسیاری از فعّالیتهای رویشی گیاهان نیز تحت تأثیر فتو پریود قرار دارند. به عنوان مثال، در روزهای کوتاه پاییزی تعدادی از گیاهان چوبی دستخوش تغییراتی خواهند شد که منجر به شروع خواب جوانه ها خواهد شد حتّی اگر دمای تابستان ادامه پیدا کند. در بهار دانه های خاصّی در جوانه زنی خود به فتو پریود پاسخ می دهند، بین آنها گونه های روز بلند و روز کوتاه کشف شده است. گیاهانی که تولید غدّه می کنند (مانند سیب زمینی ترشی)، حتّی اگر از نظر گل دهی گیاهان روز بلند باشند، ممکن است فقط در شرایط روز کوتاهی غدّه تولید کنند. معمولاً این واکنش فتوپریود، گیاهان را برای تغییرات فصول مجهز می کند و بدین صورت حیات و تداوم گیاهان را تضمین می کند.

فلوریژن

پس از کشف فتوپریودیسم تعدادی از دانشمندان از قبیل چیلاخیان[1] گیاه شناس روسی برای تعیین این که چه بخشی از گیاه نسبت به طول روز حسّاس است، آزمایشاتی را انجام دادند. آنها بزودی دریافتند که این بخش اساساً برگ است اگرچه آنها همچنین متوجّه شدند که جوانه های گیاهان روز بلند نیز پاسخهای مشابهی دارند. اگر آنها برگ گیاهان روز کوتاه را با ورقه تیره ای برای ۸ ساعت از روز ۲۴ ساعته کاملاً می پوشاندند در حالی که بقیّهٔ گیاه در معرض روزهای بلند قرار می گرفت، گل دهی شروع می شد. ولی اگر گیاه روز بلندی به طریق مشابهی تیمار می شد گل دهی روی نمی داد (شکل ۱۸-۱۱).

1- Ghailakhyan

این موضوع پیشنهاد کرد که مادّه ای از برگ به ناحیه ای که گل تولید می شود حرکت می کند. در دههٔ ۱۹۳۰ چیلاخیان بخشی از گیاهی را که در معرض طول روز مناسب برای شروع گل دهی قرار داده بود به گیاه مشابهی مانند آن در معرض نور نبود پیوند زد و این نظریه را تأیید کرد که مادّه ای از پیوند عبور می کند که گلدهی هردو گیاه را سبب می شود. چیلاخیان نام این مادّه را فلوریژن پیشنهاد کرد. در دههٔ ۱۹۵۰ در آزمایشهای دیگری شواهد بیشتری به دست آمد، بدین صورت که برگهای بعضی گیاهان بلافاصله بعد از تابش فتوپریود بحرانی، و برگهای گیاهان مشابه چندین ساعت بعد از تابش برداشته شد، گیاهانی که برگهای آنها بلافاصله بعد از تابش برداشته شد گل ندادند در حالی که گیاهانی که برگهای آنها با تأخیر جدا شده بود مشابه بقیّه گیاهان که برگهای آنها جدا نشده بود گل دادند. این آزمایش نشان داد که مادّهٔ تحریک کننده گل زایی از برگها خارج می شود. ولی اگر برگها قبل از این که این مادّه فرصت خارج شدن را داشته باشد جدا شوند انتقال آنها صورت نمی گیرد.

بعد از این که وجود فیتوکروم نشان داده شده بود، فرض شد این مادّه مربوط به فتوپریودیسم است بدین طریق که P_{fr} در گیاهان روز کوتاه باز دارنده گل زایی و در گیاهان روز بلند، محرّك گل زایی است. احتمالاً P_{fr} در گیاهان روز کوتاه در نور متراکم شده و در طیّ زمان تاریکی به P_r مبدّل شده یا تجزیه می شود. بعد از این که طول شب به اندازهٔ کافی افزایش یافت تمام یا بیشتر P_{fr} ناپدید شده و لذا گل زایی از مهار خارج می شود، برخلاف حالتی که در گیاهان روز بلند رخ می دهد. نشان داده شده است که در بسیاری از گیاهان P_{fr} فقط در ۳ یا ۴ ساعت تاریکی ناپدید می شود. ولی تبدیل فیتوکرومها به یکدیگر نمی تواند بتنهایی توضیحی برای فتوپیریودیسم باشد. براساس شواهد فرض می شود که گیاهان تولید یک یا دو هورمون گیاهی بنام فلوریژن را می کنند که ممکن است به مریستم انتهایی که در آنجا جوانه های گل ایجاد می شوند، منتقل می گردند. ولی بر خلاف تمام شواهد موجود فلوریژن تا کنون عملاً از گیاه جدا نشده، و همچنین وجود آن نیز به اثبات نرسیده است. این امر منجر به این اندیشه شد که فتوپریودها با منحرف ساختن موادّ غذایی که گل زایی را شروع می کنند عمل می نمایند، ولی دیگران احساس می کنند شواهد برای وجود فلوریژن هنوز پا برجاست یا این که شاید هیچ توضیح ساده ای برای پدیدهٔ فتوپریودیسم وجود ندارد.

شکل ۱۸-۱۱ آزمایش که تأثیر قراردادن یك برگ از گیاه روز کوتاه توق (Xanthium spp.) را در روز کوتاه در حالی که بقیهٔ گیاه در روزهای بلند قرار دارد نشان می‌دهد. الف ـ گیاه روز کوتاه که درمعرض روزهای بلند قرار گرفته است گل ایجاد ننموده‌است. ب ـ همان گیاه که در معرض روزهای بلند قرار گرفته است بجز یك برگ که به‌مدّت ۱۶ ساعت در روز پوشانده شده بود، در عرض چند هفته گیاه به‌گل نشست. احتمالاً به‌علّت این که مادّه‌ای که گل‌دهی را تحریك می‌کند دربرگ پوشانده شده ایجاد شد و به‌جاهای دیگر گیاه منتقل گردیده و جوانه‌های گل‌را ایجاد کرد.

دما و رشد

هرگونه گیاهی دارای یک درجهٔ دمای بهینه است و یک دمای حدّاقل که پایینتر از آن رشد صورت نمی گیرد، اگرچه ممکن است این دما در طول حیات گیاه متغیّر باشد. همچنین

هرگونه گیاهی دارای یک حدّاکثر دماست که در بالاتر از آن گیاه آسیب می بیند (یا حدّاقل رشد آن متوقّف می شود)

دکتر فرتیزونت، کاشف اکسین، روی رشد گیاهان گوجه فرنگی در شرایطی که حرارت شب تا زیر ۱۷ درجهٔ سانتیگراد کاهش یافته و دمای روز در $25^{\circ}C$ نگاهداشته می شد، آزمایشاتی صورت داد. ثابت شد که این گیاهان بهتر از گیاهانی رشد می کنند که درجهٔ حرارت ثابت داشته باشند. ونت اصطلاح *ترموپریودیسم* را برای این پدیده به کار برد. همچنین نشان داده شد که ترموپریود بهینه به همراه رشد گیاه تغییر می کند. نشان داده شد که گیاهان جوان فلفل در زمانی که حرارت شب تقریباً $25^{\circ}C$ است. بهترین رشد را دارند ولی همزمان با بالغ شدن آنها دمای شب برای رشد بهینه آنها تا بیش از ۱۱ درجهٔ سانتیگراد پایین می آید. درجهٔ حرارت پایین غالباً باعث می شود محتویات قندی گیاه بالا رود و همچنین ممکن است افزایش رشد ریشه را همراه داشته باشد. اگرچه به نظر می رسد بعضی گیاهان مانند نخود از این جهت بی تأثیر باشند.

رشد بسیاری از گیاهان زراعی با تغییرات دما متناسب است و این امکان را می دهد که زمان برداشت محصول پیش بینی شود، اگرچه تعداد روزهای لازم تا بلوغ گیاه بطور قابل ملاحظه ای بسته به محل تغییر می کند. در سال ۱۸۵۵ گیاه شناس سویسی دو کاندول اساس زمان بندی را برای برداشت محصولات بنا گذاشت. روش او براساس محاسبهٔ میانگین دمای روزانه بود که این امکان را می داد که پیشرفت محصول را بطور دقیق دنبال کند. این روش با ضرب کردن میانگین دماهای روز در تعداد ساعات نور در روز اصلاح شده است. در هاوایی با اندازه گیری میزان رشد در محدودهٔ دما و با توجّه به تعداد ساعات روز در هر دما درجهٔ بالایی از دقّت در پیش گویی زمان برداشت آناناس حاصل شد. ولی این روشها روی محصولاتی بهترین عملکرد را داشته است که رابطه ای با فتوپریودیسم نداشته اند و همچنین نیاز بعضی گیاهان برای درجهٔ حرارتهای بهینه در مراحل متفاوت رشد در نظر گرفته نشده است.

خواب و استراحت

خواب به صورت دوره ای از رشد غیر فعّال در دانه ها، جوانه ها، پیازها، و دیگر اندامهای گیاهی حتّی زمانی که احتیاجات محیطی درجهٔ حرارت، آب، یا طول روز، موجود و مناسب هستند، تعریف می شود. استراحت حالتی است که یک دانه نمی تواند رویش کند.

مگر این که شرایط محیطی که معمولاً برای رشد لازم هستند، وجود داشته باشند. ما قبلاً تشکیل لایه های ریزش (فصل ۷) را در پاییز هنگامی که گیاهان از حالت فعّال به حالت خواب یا استراحت تغییر می یابند توضیح داده ایم. در اقلیمهای معتدله و سرد، اکثر گیاهان و دانه های آنها از یک دورهٔ خواب که از چند روز تا چندین ماه به طول می انجامد، عبور می کنند. در هر صورت خواب و استراحت تقریباً همیشه دارای ارزش حیاتی برای گونه ها هستند. در تعدادی از میوه های هسته دار (مانند گیلاس، هلو، و آلو) قبل از این که جوانه ها ایجاد گلها و محصول جدید نمایند به چندین هفته استراحت در دمای زیر $7^{\circ}C$ نیاز دارند. در بعضی نمونه ها، جوانه ها نموّ نمی کنند مگر این که درخت در معرض دوره ای از سرما قرار گرفته باشد. این خواب، گیاه را نسبت به شرایط حاکم در مناطق سرد دنیا سازش می دهد. در پاسخ به شرایط حاکم، دانه های گیاهان بیابانی شبها بعد از این که باران محسوسی باریده شود، رویش کرده و دانه های گیاهان بومی برکه های بهاری و دیگر نواحی آبی فقط اگر در آب فرو روند، رویش می کنند.

تغییر خواب به حالت رویش در دانه ها گاهی به وسیلهٔ عوامل مختلفی موسوم به پس رسی کنترل می شود و به گونهٔ مربوط بستگی دارد. بعضی گیاهان، تنها وقتی به فتوپریودیسم حسّاسیت پیدا می کنند که در معرض یک دورهٔ سرما در زمانی که هنوز در دانه هستند یا هنگام تندش قرار گیرند. باغبانان غالباً دانه های مرطوب چنین گیاهانی را برای چندین هفته در یخچال قرار می دهند. این کار به عنوان استراتیفیکاسیون شناخته شده است و یکی از چندین اقدامی است که برای شکستن دورهٔ خواب صورت می گیرد. در بعضی گیاهان دوساله، تیمار با سرما با به کاربردن ژیبرلین اجرا می شود. استراتیفیکاسیون طبیعی هنگامی اتّفاق می افتد که غلاّت زمستانی در پاییز کاشته می شوند. نشان داده شده است که گسترش گل دهی و محصولات چنین غلاّتی در صورت غیاب یک دوره سرمای طبیعی بشدّت کاهش می یابد.

خواب بعضی گیاهان، تنها بعد از این که یک سری تحریکات مشابه را دریافت کردند شکسته می شود، بطوری که برای مثال یک تحریک مثل بارانهای شدید غیر فصلی رشد را تحریک نمی کند. گیاهان دیگر مانند گونه ای شاهی وحشی برای رویش، به هردو عامل اختصاصی یعنی درجهٔ حرارت و فتوپریودیسم نیاز دارند. بعضی از علفهای هرز به فتوپریود اختصاصی به علاوهٔ مقداری سایبدگی مکانیکی پوستهٔ دانه جهت شکستن خواب نیاز دارند. دانه های دیگر ممکن است قبل از رویش به عمل آنزیمهای اختصاصی یا ترکیبی از شرایط که

فقط به وسیلهٔ عبور از میان مجاری گوارشی پرندگان، خفّاشها، یا دیگر جانوران به دست می آید نیاز داشته باشند.

زمانی که یک گوجه فرنگی چین مکانیکی در اوایل دههٔ ۱۹۶۰ در کالیفرنیا ساخته شد، متخصّصین اصلاح گوجه فرنگی خواستند میوه هایی داشته باشند که بتوانند ضربه های ناشی از برخورد با دستگاه را تحمّل کنند. بنابراین آنها تلاش کردند واریته های مناسبی را باین منظور تولیدکنند. تحقیقات آنها روی ژنهای جدید برای استفاده در طرحهای اصلاح نبات، آنها را به سمت گوجه فرنگیهای وحشی جزایر گالاپاگوس هدایت کرد. ولی زمانی که دانه ها را به کالیفرنیا برگرداندند دانه ها حتّی بعد از انجام استراتیفیکاسیونهای مختلف بخوبی تندش نکردند. محقّقین به خاطر آوردند که گوجه فرنگی توسّط لاك پشت غول پیکر جزایر گالاپاگوس بلعیده می شود. بعد از خوراندن آنها به تعدادی لاك پشت غول پیکر باغ وحش به عنوان غذا، مشاهده شد دانه هایی که از بدن این جانوران عبور کرده بود بخوبی رویش نمودند. ظاهراً در مجاری گوارشی لاك پشت مادّه ای موجود است که خواب دانه ها را می شکند.

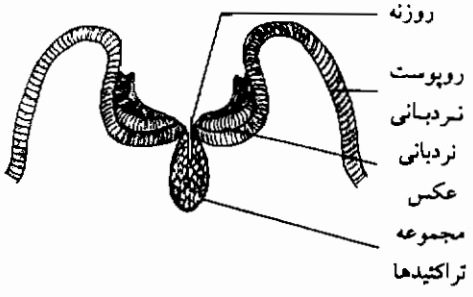
از رویش دانه به وسیلهٔ یک پوستهٔ دانهٔ ضخیم و محدودکننده در دانه های گیاهانی نظیر آگریمون (عضوی از خانوادهٔ گل سرخ) جلوگیری می شود. دانه های بعضی حبوبات به علّت سختی استثنایی پوشش خارجی یا پوستهٔ دانه، مانند هسته، سفت و سخت هستند. باغبانان غالباً پوستهٔ دانه را اسکارفیه (شکافتن یا سایش) می دهند و بدین صورت امکان ورود آب و گاز را به دانه می دهند. در طبیعت موجودات تجزیه کنندهٔ مختلف، پوستهٔ دانه را تجزیه کرده و یا این که دانه ها خود آنزیمهایی را ترشّح می کنند که به عمل تجزیه کمک می شود. دانه های باقلای مصری خاصّی دارای دیواره های مخصوصی است که جذب آب را محدود می کند و تا قبل از این که پوستهٔ دانه فرسایش نیافته است از رویش دانه جلوگیری می شود(تصویر ۱۹-۱۱). بسیاری از گیاهان دانه هایی دارند که تنها در صورتی که در معرض آتش قرار گیرند، رویش می کنند. یک نوع لوبیای استرالیایی به همراه یک پوستهٔ دانهٔ ضخیم بسادگی رویش نخواهد کرد، مگر این که گرمای آتش باعث شود یک پوستهٔ اضافی سخت از دانه به بیرون پرتاب شود.

دورهٔ خواب ممکن است محدود به بخشهای مشخّصی از گیاه شود تا تمام گیاه. برای مثال در قهوه فقط جوانه های گل ممکن است خواب را نشان دهند. در گیاهان چوبی دیگر

شروع خواب امکان دارد از جوانه های جانبی به سمت قاعدهٔ یک شاخهٔ روی جوانهٔ انتهایی پیش برود. بعضی دانه ها دو دورهٔ خواب را قبل از انجام رویش کامل طیّ می کنند. در گل شیپوری، ریشه چهٔ دانه بعد از این که یک دورهٔ سرما را گذراند از دانه بیرون آمده و مستقر می شود، ولی ساقه چه تا زمانی که دور دوم سرما، رخ ندهد ظاهر نمی شود.

در بسیاری دانه ها، بازدارنده های رشد مانند ABA در پوستهٔ دانه غالباً به مقیاس زیادی وجود دارند. قبل از این که رویش دانه اتّفاق افتد این بازدارنده ها ممکن است لازم باشد که توسّط باران شسته، و یا به وسیلهٔ آنزیمها تجزیه شوند و یا تأثیرات آنها توسّط هورمونهای دیگر خنثی شوند. مطالعات نشان داده است که ژیبرلینها که هنگام مصرف مصنوعی، قدرت شکستن خواب را دارند به وسیلهٔ دانه های در حال رویش مخروط داران و گیاهان گلدار تولید می شوند. اتیلن نیز که در شکستن خواب مؤثر است توسّط دانه های در حال رویش گیاهان مختلفی مانند یولاف، بادام زمینی و شبدر، ایجاد می شود. سیتوکنینها عموماً در ارتباط با قطع دورهٔ خواب ظاهر نمی شوند، ولی چندنمونه از اجرای این عمل بطور مصنوعی شناخته شده است. اگرچه اکسینها در مراحل نخستین رویش دانه ها تشکیل می شوند، آنها احتمالاً با کنترل دورهٔ خواب در ارتباط نیستند.

چندین پدیدهٔ رشد که در این فصل مورد بحث قرار گرفت در ارتباط با تکثیر رویشی است که در ضمیمهٔ ۴ بررسی می شوند.



شکل ۱۹-۱۱ تندش دانه، لوبن درختی دارای دانه‌های سختی است. هرکدام دارای روزنه‌ای است که بوسیله یك دریچه رطوبتی عمل می‌کنند. و از طریق بافتهای نردبانی دوطرف روزنه مهار و کنترل می‌شوند. وقتی که در بیرون رطوبت بیشتری نسبت به‌درون وجود داشته باشد، بافتهای مخصوص آماس ایجاد کرده و روزنه بسته می‌شوند.

خلاصه

۱. رشد به عنوان «افزایش حجم در نتیجهٔ تقسیم و طویل شدن سلّولی» تعریف می شود. هنگامی که سلّولها بالغ می شوند آنها به اشکالی که با اعمال اختصاصی آنها سازش یافته است تمایز می یابند.

۲. نموّ به صورت تغییراتی در شکل که در نتیجه «ترکیبی از رشد و تمایز صورت می گیرد» معنی می شود. سلّولها خود به اشکال و صورتهای مختلفی در می آیند و در نتیجه این رشد افزایش حجم کل آنها در نواحی سطحی بیش از حجم آنها صورت می گیرد.

۳. چندین پدیدهٔ رشد تحت تأثیر هورمونها قرار می گیرند. هورمونها ترکیباتی شیمیایی هستند که به مقدار کم در بخشی از گیاه تولید شده و به بخشی دیگر که آثار اختصاصی خود را در رشد، گل زایی و دیگر فعّالیتها برجای می گذارند منتقل می شوند. ویتامینها ملکولهایی آلی هستند که در فعّال سازی آنزیمها دخالت دارند. آنها گاهی از هورمونها قابل تشخیص نیستند.

۴. داروین و پسرش در سال ۱۸۸۱ متوجّه شدند که کلئوپتیلها به سمت منبع نور خم می شوند. فریتزونت در سال ۱۹۲۶ مشاهدات داروین را دنبال کرد و نشان داد که مادّه ای از رأس کلئوپتیل هنگامی که رأس بریده شود و روی آگار قرار گیرد به درون آگار منتقل می شود. او این مادّه را *اکسین* نامید و نشان داد که باعث خمیدگی کلئوپتیل می شود.

۵. از زمان تجربیات ونت، سه گروه از هورمونهای گیاهی که رشد گیاهان را تحریک می کنند، کشف شده است، اکسینها طویل شدن سلّولها را تحریک می کنند و در چندین پدیدهٔ دیگر رشد دخالت دارند. 2, 4-D و 2, 4, 5-T ترکیبات اکسین مانند سنتز شده ای هستند که به عنوان علف کش و ریزش برگ مورد استفاده قرار گرفته اند. 2, 4, 5-T یک آلوده کننده و شدیداً سمّی است و دیوکسین دارد که باعث بیماریها و نقصهایی در جانوران آزمایشگاهی شده است. این مادّه برای بسیاری از کاربردها در ایالات متّحده ممنوع شده است.

۶. جیبرالینها رشد ساقه ها را تحریک می کنند و با رشد ریشه ها ارتباطی ندارند. ستیوکنینها تقسیم سلّولی را تحریک کرده و می تواند برای تحریک رشد جوانه های جانبی به کار رود. اسید آبسیک باعث می شود که جوانه ها به خواب بروند و ظاهراً به برگها کمک

می کند تا نسبت به اتلاف بیش از اندازهٔ آب اقدام کنند. گاز اتیلن، رسیده شدن میوه ها را تسریع کرده و به صورت تجاری جهت رسیدن میوه های سبز به کار می رود.

۷. پیری، تجزیه اجزای سلّول است که منجر به مرگ سلّول می شود.

۸. جنبشهای گیاهی نظیر جنبشهای مارپیچی، نوسانی، پیچشی، انقباضی و بعضی جنبشهای ناستی، جنبشهای رشد محسوب شده که عمدةً از محرّکهای درونی ناشی می شوند.

۹. تروپیسمها جنبشهای رشد جهت دار دایمی هستند که از محرّکهای خارجی، مانند نور (فتوتروپیسم)، جاذبهٔ زمین (گراوی تروپیسم)، تماس (تیگموتروپیسم) و مواد شیمیایی (کموتروپیسم) حاصل می شوند.

۱۰. جنبشهای تورژسانس از تغییرات فشار آب درونی ناشی می شود. این جنبشها شاید بسیار سریع باشند یا ممکن است تا ۴۵ دقیقه طول بکشد که قابل دیدن شوند. جنبشهای تورژسانس شامل جنبشهای خواب می شود که در آن، برگها یا گلها روزانه به صورت آهنگ شبانه روزی تا می خورند. انواع دیگر جنبشهای گیاهی شامل جنبشهای ناشی از حفظ آب، جنبشهای برخوردی، تاگزیسها، و جنبشهای آب زدایی می شوند.

۱۱. فیتوکروم، یک رنگدانهٔ آبی کمرنگ است که در تمام گیاهان تکامل یافته وجود داشته و در بسیاری از پاسخهای مختلف گیاه، نقش ایفا می کند. فیتوکروم به دو صورت یافت می شود، هریک از آنها با جذب نور قادر است به دیگری تبدیل شود. نور روز عموماً باعث تبدیل P_r به P_{fr} می شود، و برعکس. P_r نور قرمز و P_{fr} نور فرا قرمز حاشیه طیف نور مرئی را جذب می کنند. P_{fr} در چند ساعت در تاریکی به P_r تبدیل می شود، P_r بطور نامحدودی در تاریکی پایدار است. مکانیسم P_r - P_{fr} آن قدر حسّاس است که فقط با ۳ ثانیه استفاده از مهتاب به مقدار کافی تولید P_{fr} می کند که باعث کوتاهی میانگرههای گیاهچه های یولاف اتیوله (دوك مانند و کم رنگ ناشی از رشد در تاریکی) می شود.

۱۲. فتوپریودیسم پاسخی از گیاهان به طول روز یا نور است. گیاهان روز کوتاه گل نخواهند داد، مگر این که طول روز کوتاهتر از طول بحرانی روز باشد. گیاهان روز بلند فقط در حالتی گل می دهند که طول روز از طول بحرانی روز بلندتر باشد. گیاهان روز متوسّط دو فتو پریود بحرانی دارند، اگر روز خیلی کوتاه یا خیلی بلند باشد گل نخواهند داد. گیاهان روز خنثی در هر طول روزی که به آنها حدّاقل مقدار نور را برساند، گل خواهند داد.

۱۳. مکانیسم دقیق فتوپریود تا کنون کاملاً درك نشده است. تبدیلات فیتوکروم ممکن است در فتوپریودیسم نقش داشته باشد ولی بتنهایی برای توضیح آن کافی نیست. به نظر می رسد هورمون گل دهی فلوریژن که در برگ تولید می شود با شروع گل دهی ارتباط داشته باشد ولی تا کنون از گیاه جداسازی نشده است.

۱۴. هرگونه گیاهی یک دمای بهینه برای رشد دارد.

۱۵. خواب دوره ای از رشد غیر فعّال است که در دانه ها، جوانه ها، پیازها و دیگر اندامهای گیاهی حتّی در صورتی که شرایط محیطی مناسب حاکم باشد اتّفاق می افتد. استراحت حالتی است که دانه ها قادر به رویش نخواهند بود مگر این که شرایط محیطی مناسب وجود داشته باشد.

۱۶. تغییر حالت خواب، به حالتی که در آن دانه ها رویش حاصل کنند به وسیلهٔ عوامل مختلفی مانند دما، رطوبت، فتو پریود، ضخامت پوست دانه، آنزیمها، و باز دارنده های رشد کنترل می شود. استراتفیکاسیون شکستن خواب در دانه ها توسّط نگاه داشتن آنها در سرما و رطوبت برای چندین هفته می باشد.

پرسشهای یادآوری

۱. اختلافات بین هورمونها، آنزیمها و ویتامینها چیست؟

۲. اکسینها، ژیبرلینها، ستیوکنینها، همه رشد را تحریک می نمایند، چگونه می توان بین آنها فرق قایل شد؟

۳. علف کشهای هورمونی چگونه عمل می کنند؟

۴. تعدادی کاربرد تجاری گاز اتیلن را فهرست کنید.

۵. استاتولیتها چه هستند، و چه نقشی را در رشد گیاهان ایفا می نمایند؟

۶. تفاوت بین جنبشهای رشد درونی و بیرونی را مشخّص نمایید، و همچنین جنبشهای ناشی از تورژسانس، و آب زدایی را توضیح دهید.

۷. چگونه گیاهان روز خنثی و روز متوسّط در نیازهای خود متفاوتند؟

۸. فرق بین خواب و استراحت چیست؟ خواب چگونه بطور مصنوعی شکسته می شود؟

۹. نیازهای یک دانه جهت تندش چیست؟

۱۰. چگونه فیتوکروم از دیگر رنگدانه های گیاهی متمایز است؟

پرسشهای تشریحی

۱. اگر گیاهان سبز جهت تولید موادّ غذایی لازم برای رشد به نور نیازمندند، چگونه گیاهچه هایی که در تاریکی رشد نموده اند بلندتر از گیاهچه های همسنّ خود هستند که در روشنایی رویش نموده اند؟

۲. اگر شما جوانهٔ انتهایی ساقه را حذف کنید، آیا رشد طولی تماماً متوقف می شود؟ توضیح دهید.

۳. آیا از نظر فنّی صحیح است که بگوییم بعضی گیاهان در شب به خواب می روند؟ توضیح دهید.

۴. تعدادی از گیاهان، دانه هایی تولید می کنند که قبل از رویش به یک دورهٔ خواب نیاز دارند. خواب برای گیاه چه ارزشی دارد؟ آیا شما فکر می کنید کجا ممکن است دانه هایی را بیابید که به دوره خواب نیاز ندارند؟

۵. حرکات تورژسانس سریع گل حسّاس در سلسلهٔ گیاهی نادر است. اگر تمام گیاهان چنین حرکاتی را داشتند آیا امکان داشت این پدیده برای گیاهان ارزش حیاتی و یا ارزشهای دیگری داشته باشد؟ توضیح دهید.

منابع اضافی

Bopp, M. 1985. *Plant growth substances*. New York: Springer-Verlag.

Boss, W. F., and J. D. Morre, eds. 1988. *Second messengers in plant growth and development*. New York: Alan R. Liss, Inc.

Briggs, W. R., R. L. Jones, and V. Walbot, eds. 1986. *Annual review of plant physiology*. Vol. 37. Palo Alto, CA: Annual Reviews, Inc.

Einset, J. W. 1988. *Plant growth and development*. New York: John Wiley and Sons, Inc.

Hillman, W. S. 1979. *Photoperiodism in plants and animals*. Oxford Biology Readers, No. 107. Burlington, NC: Carolina Biological Supply Company.

Kendrich, R. E., and B. Frankland. 1983. *Phytochrome*

and plant growth: studies in biology, No. 68, 2d ed. London: Edward Arnold Publishers.
Nickell, L. G. 1981. *Plant growth regulators—agricultural uses.* New York: Springer-Verlag.
Ray, P. M., T. A. Steeves, and S. A. Fultz. 1983. *Botany.* Philadelphia: Saunders College Publishing.
Salisbury, F. B., and C. W. Ross. 1985. *Plant physiology,* 3d ed. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Co., Inc.
Thimann, K. V. 1977. *Hormone action in the whole life of plants.* Amherst: University of Massachusetts Press.
Torrey, J. G. 1985. "The development of plant biotechnology." *American Scientist* 73: 354–63.
Wareing, P. F., and I. D. Phillipps. 1981. *The control of growth and differentiation in plants,* 3d ed. Elmsford, NY: Pergamon Press, Inc.

فصل دوازدهم ـ میوز و تناوب نسل

رؤوس مطالب

برخی اهداف فراگیری

نظر اجمالی

مقدّمه

مراحل میوز

تقسیم اوّل (میوز I تقسیم با کاهش کروموزومی)

پروفاز I

متافاز I

آنافاز I

تلوفاز I

تقسیم دوم (میوز II تقسیم بدون کاهش کروموزومی)

پروفاز II

متافاز II

آنافاز II

تلوفاز II

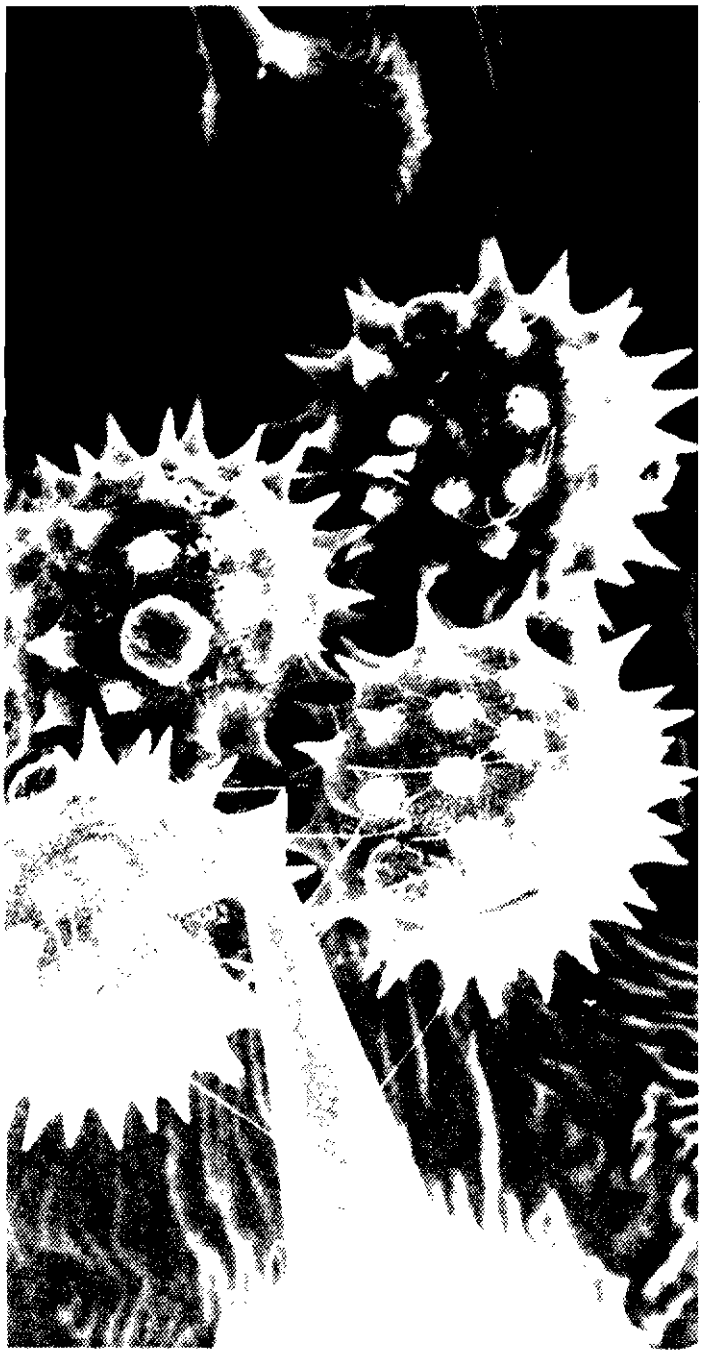
تناوب نسل

خلاصه

پرسشهای یادآوری

پرسشهای تشریحی

منابع اضافی



شکل اسکن میکروسکپ الکترونی (SEM) از دانهٔ گردهٔ Calycadenia

فصل دوازدهم

میوز و تناوب نسل

برخی اهداف فراگیری

۱- آشنایی با مراحل مختلف میوز و توضیح مختصر از وقایعی که در هر مرحله می گذرد.

۲- درك کامل ویژگیهای مشترك میتوز و میوز، و اختلاف بین آنها.

۳- توضیح اهمیّت تلاقی کروموزومها برای تولید مثل.

۴- نشان دادن تناوب نسل و اتّفاقات زیر؛ تغییر n به ۲n ، تغییر ۲n به n ، مبدأ نسل گامتوفیت.

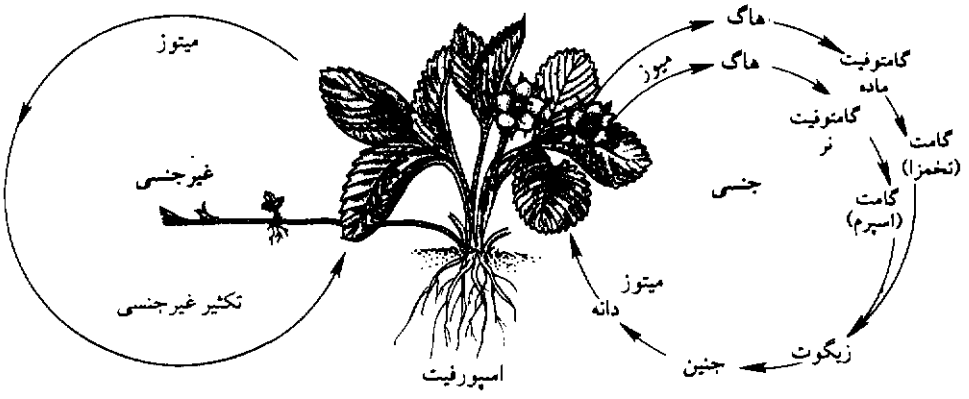
۵- ارتباط میوز با تناوب نسل و با همانندسازی DNA که در فصل ۲ توضیح داده شد.

نظر اجمالی

بعد از مقایسهٔ تولید مثل جنسی و غیر جنسی، در این فصل لزوم کاهش کروموزومی در بعضی مراحل دورهٔ زندگی موجوداتی که به طریقهٔ جنسی تولید مثل می کنند مورد توجّه قرار می گیرد. مراحل میوز به ترتیب توضیح داده خواهد شد. در این فصل همچنین تناوب نسل و قوانین عمومی برای درك آن مورد بحث قرار خواهد گرفت.

مقدمه

تعداد سلّولهای گیاهان هنگام رشد از طریق نوعی تقسیم که در فصل ۳ توضیح داده شد چند برابر می شوند. با روشهای دقیق نشان داده شده است که در تقسیم میتوز تعداد کروموزومها و ساختمان DNA در کروموزومهای دختر مشابه سلّولهای والدین است. ولی موجودات زنده بطور نامحدود رشد نمی کنند اگرچه ممکن است بعضی از آنها عمر طولانی داشته باشند. به منظور بقای گونه آنها یا باید تولید مثل کنند و یا در معرض نابودی قرار گیرند. تولید مثل ممکن است رویشی باشد (پیوست) و یا به وسیلهٔ سلّولهای خاصّی بنام هاگ (فصول ۱۸ و ۲۲) که به وسیلهٔ میتوز تولید می شوند صورت گیرد. چنین پدیده هایی که در آن عدد کروموزومی سلّولها کاملاً بین دو نسل حفظ شود تولید مثل غیر جنسی نام دارد. ولی تقریباً تمام گیاهان دارای تولید مثل جنسی بوده و در نهایت ایجاد دانه می کنند. در تولید مثل جنسی، سلّولهای جنسی بنام گامت تولید می شوند. در گیاهان تکامل یافته و جانوران دوگامت بنام اسپرم و تخمزا تشکیل زیگوت یا تخم را می دهند. زیگوت اوّلین سلّول مستقل است که تولید می شود (شکل ۱-۱۲).



شکل ۱-۱۲ تولیدمثل جنسی و غیر جنسی در گیاه توت‌فرنگی. جزئیات بیشتر از چرخهٔ زندگی در شکل ۶-۱۲ نشان داده شده است.

اگر گامتها دارای تعداد کروموزومهای برابر با سلّولهای دیگر موجود زنده باشند، درنتیجه سلّول زیگوت که از ترکیب گامتها ایجاد می شود دو برابر کروموزوم خواهد داشت. اگر چنین

سلّولی رشد کند و تولید گیاه بالغ بنماید هر سلّول آن دارای دوبرابر گیاه والد کروموزوم خواهد شد . اگر چنین وضعی تا ۲۰ نسل ادامه یابد سلّولی که دارای ۱۶ کروموزوم بوده است بعد از ۲۰ نسل دارای ۸۳۸۸۶۰۸ کروموزوم خواهد شد. ولی چنین مشکلی پیش نخواهد آمد زیرا در دورهٔ زندگی و تولید مثل جنسی موجود نوعی تقسیم بنام میوز صورت خواهد گرفت . این نوع تقسیم موجب تشکیل گامتهایی می شود که نصف عدد کروموزومی افراد حاصل از زیگوت را خواهند داشت. بطوری که وقتی گامتها تولید سلّول تخم بارور می کنند عدد کروموزومی اوّلیه مجدداً تأمین می شود. اگرچه میوز از بعضی جهات شبیه میتوز است (شکل ۲-۱۲) ولی توصیه می شود قبل از مطالعهٔ میوز، قسمت بعد بحث مربوط به میتوز (فصل۳) مرور شود.

هنگامی که سلّول انترفاز وارد تقسیم میوز می شود طیّ دو تقسیم متوالی بدون آن که بین آنها استراحتی باشد ۴ سلّول ایجاد می شود. به دلیل پدیده های قابل توجّهی که طیّ این نوع تقسیم صورت می گیرد، ۴ سلّول تولید شده از هر لحاظ با سلّول والد و همچنین با یکدیگر متفاوتند.

مراحل میوز

همانند میتوز در تقسیم میوز نیز قبل از این که تقسیم شروع بشود رشتهٔ DNA هر کروموزوم مضاعف می شود و همهٔ کروموزومها به صورت دو رشتهٔ موازی و مشابه که در محلّ سانترومر اتّصال دارند در می آیند. میوز نیز مانند میتوز بطور قراردادی به مراحل و فازهای متوالی تقسیم می شود ولی مرز مشخّصی بین مراحل وجود ندارد. در هریک از تقسیم چهار مرحلهٔ اصلی وجود دارد، هر مرحله خود نیز به چند قسمت تقسیم می شود. اسامی مراحل تقسیم اوّل و دوم مشابه می باشند ولی مرسوم است که فازهای تقسیم اوّل را با عدد رومی I و فازهای تقسیم دوّم را با عدد رومی II نشان می دهند. عدد کروموزومی طیّ تقسیم اوّل نصف می شود ولی در تقسیم دوم هیچ کاهش کروموزومی رخ نمی دهد. بنابراین تقسیم اوّل را تقسیم کاهشی و تقسیم دوم را تقسیم غیر کاهشی یا برابر می نامند.

میوز معمولاً از میتوز طولانیتر است. برای مثال، در سوسن حدّاکثر زمانی که برای میتوز لازم می باشد ۲۴ ساعت است؛ در صورتی که تقسیم میوز دو هفته طول می کشد. در موجودات دیگر میوز ممکن است ماهها یا حتّی سالها به طول انجامد. برای مثال در بعضی خانمها پدیده شروع می شود و سالها طول می کشد تا به پایان برسد.

میوز

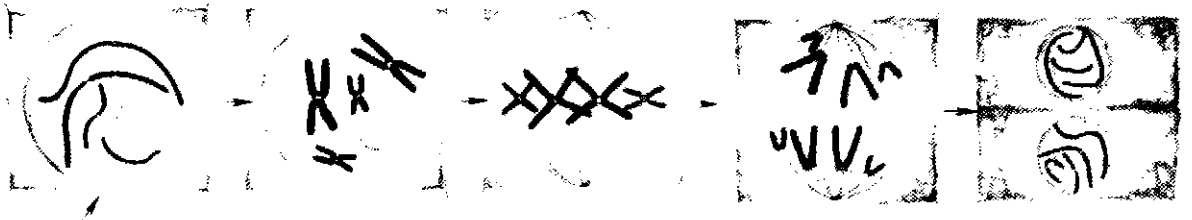
پروفاز
ابتدایی

پروفاز
پیشرفته

متافاز

آنافار

تلوفاز



انترفاز

پروفاز
ابتدایی I

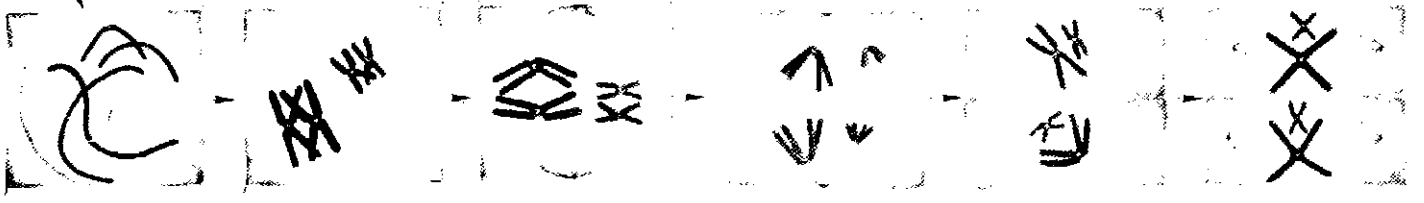
پروفاز پیشرفته I

متافاز I

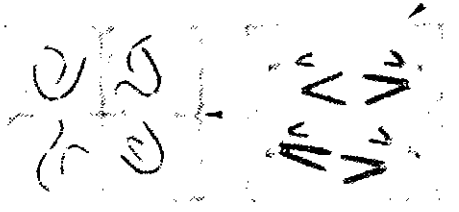
آنافاز I

تلوفاز I
پروفاز II

متافاز II



میوز



تلوفاز II

آنافاز II

شکل ۲-۱۲ مقایسه‌ای از تقسیم میتوز و میوز

تقسیم I (میوز I یا تقسیم با کاهش)

پروفاز I

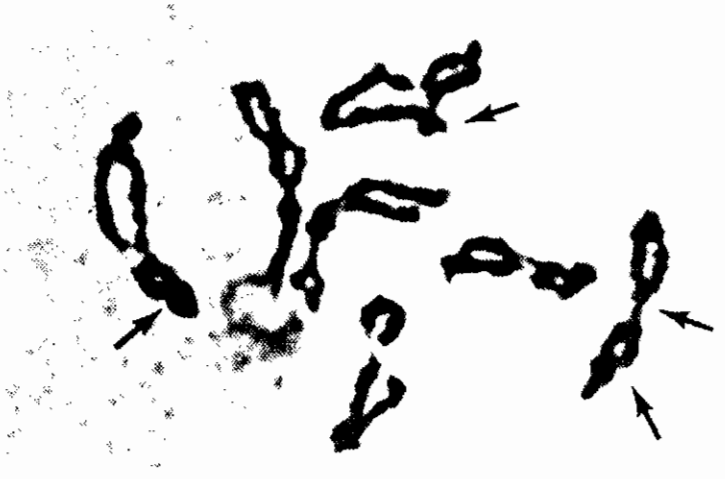
اختصاصات اصلی پروفاز I عبارتند از : (۱) رشته های کروموزوم کوتاهتر و ضخیمتر می شوند و طبیعت دو رشته ای آنها ظاهر می گردد و همچنین کروموزومها به صورت جفت مجاور هم قرار می گیرند؛ (۲) هستک و غشای هسته ناپدید می شوند؛ و (۳) بخشهایی از کروموزومهایی که نزدیک به هم قرار گرفته اند ممکن است تبادل شده و سپس کروموزومها از هم جدا شوند (شکلهای ۲-۱۲ و ۴-۱۲ الف و ب).

مانند پروفاز میتوز، در ابتدای این مرحله کروموزومها به صورت رشته های نخ مانند ظریفی ظاهر می شوند. سپس این رشته ها پیچ و تاب خورده مانند فنر و تدریجاً کوتاهتر می شوند، بنابراین، کروموزومها در چنین وضعی کلفتر می گردند. همان طور که کروموزومها کوتاهتر و ضخیمتر می شوند جفت گیری نموده و نهایةً دو جفت رشتهٔ موازی، یعنی کروماتیدها، برای هر جفت کروموزوم قابل تشخیص می گردد. از هر جفت یک کروموزوم از والد مرد و یک کروموزوم از زن تأمین شده است. این جفت کروموزوم مشابه یکدیگرند هم از نظر موادّ DNA و هم از نظر این که سانترومر آنها در یک نقطه مشخّص قرار دارند، لیکن ژنهای آنها ممکن است صفات متضادّی را کنترل نمایند (فصل ۱۴). چنین کروموزومهایی را ***کروموزومهای هومولوگ*** نامند و یا بی والنت. چهار کروماتید یک جفت هومولوگ هرکدام دارای سانترومر متعلّق به خود می باشند (شکل ۲-۱۲ و ۴-۱۲ ب).

با ادامهٔ پروفاز I قطعاتی از کروماتیدهای هومولوگ شکسته و با هم مبادله می شوند. بستگی به طول کروموزوم دارد. این تبادل ممکن است در یک یا چند نقطه در طول کروموزوم هومولوگ صورت گیرد یا اگر کروموزومها کوتاه باشند شاید چنین اتّفاقی رخ ندهد. نشانه این تبادل کمی دیرتر در پروفاز I ظاهر می گردد آن هنگام که جفت کروموزومهای هومولوگ شروع به دورشدن از یکدیگر را می نمایند. سپس می توان مشاهده نمود که کروماتیدهای مجاور یکدیگر را در یک یا چند نقطه قطع می کنند ولی در این نقاط به هم متّصل می مانند. این پدیده که ***کراسینگ اور*** نام دارد باعث می شود که موادّ DNA والدین تبادل شده و باعث تغییرات در نوزادان می گردد. تقاطع کروموزومی ***کیازما*** نامیده می شود. موقعیّت نسبی آنها اساس مطالعه ای را تشکیل می دهد مربوط به موقعیّت ژنها روی کروموزومها (شکل ۳-۱۲). بعد از پیدایش کیازما کروماتیدها بتدریج جدا می شوند هرکدام طول خود و مقدار DNA خود را حفظ نموده ولی

اکنون مواد تبادل شده را دارا می باشند. این پدیده شبیه این است که شما سپریک اتومبیل را که قرمز است با سپر اتومبیل دیگر که آبی است تعویض کنید. بعد از تعویض شما هنوز اتومبیلهای یکسانی دارید لیکن سپرهای آنها تغییر رنگ داده است.

در پایان پروفا I غشای هسته از هم پاشیده و هستک ناپدید می گردد و الیاف دوکی ظاهر می شوند. نظیر تقسیم میتوز بعضی از دوکها به سانترومرها اتّصال دارند در حالی که بعضی دیگر بین دو قطب امتداد دارند.



شکل ۳-۱۲ کیازما در کروموزومهای یك نوع علف گندم در پروفاز I میوز.

متافاز I

ویژگیهای مهمّ متافاز I عبارتند از : (۱) کروموزومها به صورت جفت در استوای سلّول مستقر می شوند. (۲) دوکها حالا کاملاً مشخص می باشند (شکلهای ۲-۱۲ و ۴-۱۲ پ).

این فاز همانند متافاز میتوز می باشد بجز وقتی که کرموزومها به استوا می رسند. سانترومرهای کروموزومها جفت شده و کروموزومهای هومولوگ در محلّ استوای خیالی دقیقاً مقابل هم قرار می گیرند. استوا یک صفحهٔ مدّور ولی نامرئی (شکل ۵-۱۲) است. همچنین بطوری که در بحث میتوز فصل سوّم اشاره شد، ۲ کروماتید یک کروموزوم در محلّ سانترومر به هم متّصل بوده و به صورت یک واحد عمل می کنند.

الف ـ پروفاز اولیه I . کروموزومها شروع به حلقه شدن و انقباض نموده و به صورت رشته ها ظاهر می شوند.

ب ـ پرومتافاز I . کروموزومهای هومولوگ به صورت جفت نزدیک هم قرار گرفته و کراسینگ اور نیز در بعضی مشاهده می شود

پ ـ متافاز I . کروموزومهای جفت شده در استوا مستقر می شوند.

ت ـ آنافاز I . کروموزومهای هومولوگ جدا شده و به قطبین مهاجرت می نمایند

ث ـ تلوفاز پیشرفته I . کروموزومها به قطب رسیده و سلول اصلی به دو سلول تقسیم می شود

(الف)

(ب)

(پ)

(ت)

(ث)

ج ـ پروفاز II . کروموزومها دو مرتبه حلقه شده و منقبض می شوند، به علت پدیده کراسینگ اور، کروماتیدها مشابه یکدیگر نیستند.

چ ـ متافاز II . کروموزومها در هرکدام از سلولها در استوای سلول مربوطه قرار می گیرند.

ح ـ آنافاز II . کروماتیدها کاملاً از یکدیگر جدا شده به قطب مهاجرت می نمایند

خ ـ تلوفاز II . چهار گروه از کروماتیده (تتراد) کروموزوم نامیده می شوند) در قطبها قرار گرفته و جدید برای سلولها شکل می گیرد.

د ـ تشکیل دیواره‌های سلولی . دیواره‌های سلولی تشکیل می شود و چهار سلول حاصله به دانه‌های گرده می شوند

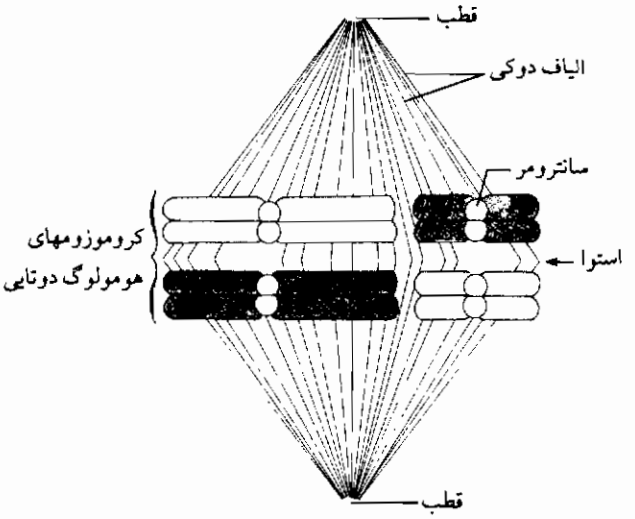
(چ)

(ح)

(خ)

(د)

شکل ۴-۱۲ مراحل مختلف تقسیم میوز در علف گندم.



شکل ۵-۱۲ دیاگرامی از کروموزومهای هومولوگ در متافاز I میوز .

آنافاز I

ویژگی مهمّ آنافاز I این است که یک کروموزوم کامل از هر جفت هومولوگ به یک قطب مهاجرت می کند (شکلهای ۲-۱۲ ، ۴-۱۲ ت) .

در آنافاز میتوز دو کروماتید هر کروموزوم که در سانترومر به هم متّصلند با جداشدن سانترومر از هم جدا می شوند و هر کروماتید به یک قطب مهاجرت می کند . آنافاز I میوز کاملاً متفاوت است به این صورت که در این مرحله کروماتیدهای هر کروموزوم در سانترومر به هم متّصل مانده و از یکدیگر جدا نمی شوند . بجای آن یک کروموزوم کامل که از دو کروماتید تشکیل شده از جفت جدا گردیده و به قطب مهاجرت می کند . بنابراین ، وقتی که کروموزومها به قطبها می رسند هنوز دارای دو کروماتید هستند ولی در هر قطب فقط نصف مجموع کلّ کروموزومها وجود دارند . اگر در پروفاز I کروموزوم خاصّی تبادل کروموزومی انجام داده است ، یکی از کروماتیدها دارای مخلوطی از DNA اوّلیهٔ خود و DNA کروماتید کروموزوم هومولوگ می باشد .

تلوفاز I

بستگی به گونه دارد ، کروموزومها اکنون ممکن است به انترفاز برگشت نموده باریکتر و

طویلتر شوند و یا بلافاصله وارد تقسیم II گردند (شکلهای ۲-۱۲ و ۴-۱۲ ث). در حالت معمول هیچ غشایی اطراف کروموزومها تشکیل نمی شود لیکن هستک معمولاً مجدّداً ظاهر می گردد. هنگامی که سلّول اوّلیه دو سلّول یا دو هسته ایجاد کرده باشد این مرحله کامل می شود.

تقسیم II (میوز II یا تقسیم مساوی)

در تقسیم دوم میوز، مراحل مختلف مشابه میتوز هستند جز این که در آن مضاعف شدن DNA رخ نمی دهد. همچنین در پایان میوز تعداد کروموزومهای هر سلّول نصف تعداد کروموزومهای آغاز میوز است. در بعضی از موجودات که فاقد مرحلهٔ انترفاز می باشند تقسیم تقریباً بطور مستقیم از تلوفاز I به متافاز II منتقل می شود.

پروفاز II

در پروفاز II کروموزومها همزمان کوتاهتر و ضخیمتر می شوند و یک بار دیگر طبیعت دو رشته ای آنها بیشتر ظاهر می شود (شکلهای ۲-۱۲ و ۴-۱۲ ج).

متافاز II

ویژگیهای مهمّ متافاز II از این قرار است: (۱) سانترومرهای کروموزومها در استوای سلّول جدید ردیف می شوند؛ (۲) دوکهای جدید تشکیل می گردند. دو دوك تشکیل می شود یا عمود بر دوك متافاز I یا در یک جهت نسبت به آن. به هرکدام از سانترومرها یک الیاف متّصل است و بقیّه الیاف بین دو قطب امتداد دارند (شکلهای ۲-۱۲ و ۴-۱۲ چ).

آنافاز II

از خصوصیّات مهمّ آنافاز II این است که سانترومرها و کروماتیدهای هر کروموزوم از هم جدا شده و به قطبها می روند (شکلهای ۲-۱۲ و ۴-۱۲ ح).

تلوفاز II

ویژگیهای اصلی تلوفاز II عبارت است از: (۱) کروماتیدهای هر کروموزوم (که اکنون

کروموزوم نامیده می شوند) طویلتر و نازکتر می شوند؛ (۲) هستک و سیستم غشایی احاطه کنندهٔ هسته در اطراف هر دسته کروموزوم ایجاد می شود (شکلها ی ۲-۱۲ و ۴-۱۲ خ).

این مرحله با تشکیل دیوارهٔ سلّولی جدید همراه می باشد. این دیواره بین چهار گروه کروموزوم تشکیل می شود. کروموزومهای هریک از چهار سلّول در پایان تلوفاز II نصف عدد کروموزومی سلّول اوّلیه می باشد. اگر تقاطع کروموزومی رخ داده باشد و تبادل مادّهٔ DNA بین کروماتیدها رخ داده باشد بنابراین هیچ کدام از ۴ سلّول ترکیب مشابهی از DNA ندارند. در بعضی از موجودات این ۴ سلّول میوسپور نامیده می شوند. میوسپورها تشکیل پیکره ها و یا ساختمانهایی را می دهند که طی تقسیمات میتوزی گامتها را تولید می نمایند.

تناوب نسل

بطوری که اشاره شد میوز در نقطه ای از چرخهٔ زندگی همهٔ موجوداتی که تولید مثل جنسی می کنند رخ می دهد. از آن جا که یک عضو از هر جفت کروموزوم در هر سلّول بوده که به هم رسیده اند. بنابراین در نتیجه این پدیده کروموزومهای موجود در هر سلّول به یک سری کامل می رسند یک عضو از هر جفت کروموزوم در هر سلّول بوده که به هم رسیده اند. شمارهٔ کروموزومهای قبلی که از دو سری کامل کروموزومی تشکیل شده در هنگام ترکیب گامتهای جنسی مجدّداً برقرار خواهد شد یعنی در سلّول تخم. هر سلّولی که یک سری کروموزومها را داشته باشد سلّول هاپلوئیدی است ولی اگر دارای دوسری از کروموزومها باشد (یک جفت از هر کروموزوم) سلّول دیپلوئیدی نامیده می شود. با تکمیل میوز، ۴ سلّول هاپلوئیدی از یک سلّول دیپلوئیدی تولید می شود. گامتهای هر موجود زنده ای هاپلوئید است در حالی که سلّول تخم آن دیپلوئید می باشد. علی رغم این که تعداد کروموزومهای موجودات بسیار متفاوت است چنین وضعیتی ثابت نگاهداشته می شود. بنابراین ما می توانیم بگوییم موجودی که دارای n کروموزوم (تعداد خاصّی) در سلّولهای هاپلوئیدی خود می باشد دارای دوبرابر آن تعداد در سلّولهای دیپلوئیدی خود می باشد.

در بیشتر جانوران، تنها سلّولهای هاپلوئیدی (سلّولهای دارای یک دسته یا سری کروموزوم) گامتها (تخمزا و اسپرم) و سلّولهای تولید کنندهٔ آنها می باشند. امّا در گیاهان و دیگر موجودات سبز چنین وضعیّت معمول نیست. در یک دورهٔ زندگی کامل تولید مثل جنسی بین مرحلهٔ دیپلوئیدی یعنی اسپوروفیت و هاپلوئیدی یعنی گامتوفیت تناوب وجود دارد. و

این مورد متداولاً «تناوب نسل» گفته می شود. پیکرهٔ دیپلوئیدی اسپوروفیت نامیده می شود که از زیگوت شروع شده و در نهایت به ایجاد سلّولهای مادر هاگ (میوسیتها) که هرکدام ۴ هاگ (اسپور) دارا می باشند، ختم می شود. پیگرهٔ هاپلوئیدی که از این هاگها ایجاد می شوند گامتوفیت نامیده می شوند که سرانجام دستگاههای تولید مثل جنسی را ایجاد می کنند و در آنها گامتها از طریق تقسیمات میتوزی تولید می شوند.

در فصلهای بعد اشاره خواهد شد که گامتوفیت در گیاهان ابتدایی مشخّصتر و قابل دیدن است در حالی که با پیشرفت سلسلهٔ گیاهی به سمت گیاهان پیشرفته گامتوفیت کوچکتر شده و تا حدّ میکروسکپی کاهش یافته است. عبور از یک نسل به نسل دیگر هنگامی رخ می دهد که هاگها در نتیجه پدیدهٔ تقسیم میوز از سلّولهای مادر هاگ تولید شدند، و مجدّداً هنگامی که سلّول تخم طیّ عمل لقاح از ترکیب گامتها ایجاد می شود. اگرچه نسل اسپوروفیت در تعدادی از موجودات ابتدایی ممکن است تنها سلّول زیگوت باشد، لیکن طرح اصلی تناوب نسل را می توان در پروتیستا و قارچهای سلسلهٔ گیاهی نیز مشاهده نمود. در هر صورت تناوب نسل در سلسلهٔ گیاهان مشخّصاً آشکار می باشد، لیکن برحسب موجودات مختلف از نظر شکل و پیکره های مختلف سلّولی متفاوت است، اگر دقّت شود و به کمک دیاگرام (شکل ۶-۱۲) ۶ قانون کلّی زیر که بر تناوب نسل گیاهان حاکم است را می توان برای هر موجودی که تولید مثل جنسی می نماید بدون مشکل خاصّ دنبال نمود.

۱. اوّلین سلّول هر نسل گامتوفیتی معمولاً هاگ (هاگ جنسی یا میوسپور) و آخرین سلّول معمولاً گامت است.

۲. کلیّهٔ سلّولهای نسل گامتوفیت هاپلوئیدی (n) هستند.

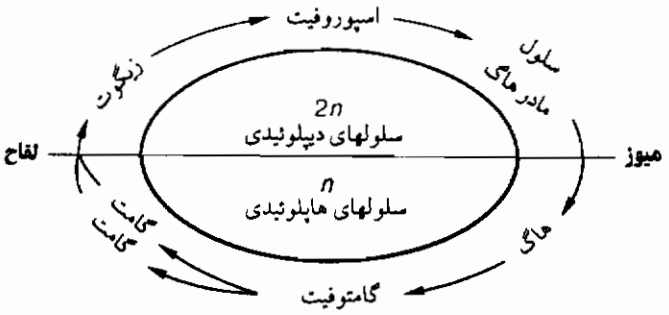
۳. اوّلین سلّول نسل اسپوروفیت زیگوت است و آخرین سلّول آن سلول مادر هاگ (میوسیت) می باشد.

۴. هرکدام از سلّولهای نسل اسپوروفیت معمولاً دیپلوئیدی (۲n) می باشند.

۵. انتقال از نسل اسپوروفیت به نسل گامتوفیت، با تقسیم میوز صورت می گیرد.

۶. عبور از نسل گامتوفیت به نسل اسپوروفیت درنتیجه لقاح (ترکیب گامتها) صورت می گیرد.

واژهٔ نسل که در تناوب نسل گفته می شود به معنی یک مرحله از چرخهٔ حیات می باشد و نبایستی با معنی گسترده آن که نوزاد است اشتباه شود.



شکل ۶-۱۲ چرخهٔ زندگی یك گیاه یا موجود دیگری که تولید مثل جنسی دارد.

خلاصه

۱. تولید مثل ممکن است از طریق تکثیر رویشی و یا به وسیلهٔ هاگ (تولید مثل غیر جنسی) و یا از طریق پدیدهٔ جنسی (تولید مثل جنسی) صورت گیرد. در تولید مثل جنسی دو گامت با هم ترکیب شده ایجاد تخم را می نمایند که اوّلین سلّول هر فرد محسوب می شود.

۲. پدیدهٔ میوز، داشتن نصف شمارهٔ کروموزومی تخم را در گامتها تضمین می نماید و همچنین تضمین می نماید که نوزادان در همهٔ خصوصیات شبیه والدین نخواهند بود.

۳. تقسیم میوز در دو تقسیم متوالی انجام می گیرد و هر تقسیم مانند میتوز تشکیل می شود از مراحلی که بطور مصنوعی مشخّص گردیده اگرچه همهٔ آنها یک جریان است. در پروفاز I کروموزومها جفت شده و تبادل قطعه می کنند. کروموزومهای مشابه هر جفت هومولوگ نامیده شده و به جفتهای همراه بی والنت گفته می شود. تبادل قطعات کروماتیدی به وسیلهٔ کراسینگ اور و تقاطع کروموزومها یعنی کیازما صورت می گیرد و سپس مجدّداً جدا می شود.

۴. در متافاز I کروموزومها در استوا به صورت دوتایی ردیف شده و در آنافاز I کروموزومهای هر جفت به یک قطب مهاجرت می کنند. کروموزومها در متافاز I یا به حالت انترفاز برگشت داده شده و یا تقسیم II را شروع می کنند که اساساً شبیه تقسیم میتوز می باشد.

۵. در پروفاز II کروموزومها در هردو دسته مجدّداً کوتاهتر و ضخیمتر می شوند. در متافاز II در استوای سلّول قرار گرفته و در آنافازII کروماتیدهای هر کروموزوم از هم جدا می شوند و به قطبین مهاجرت می کنند. در تلوفاز II کروماتیدها (که اکنون کروموزوم نام دارند) طویل شده، هستک و سیستم غشایی که هسته را احاطه می نماید در هر چهار گروه ایجاد می شود. دیوارهٔ سلّولی جدید بین هرکدام از چهار گروه ایجاد می گردد.

۶. اگر کروماتیدها قبلاً تبادل قطعه کرده باشند هیچ کدام از ۴ سلّول حاصل ترکیب DNA یکسانی نخواهند داشت. هر سلّول دارای نصف کروموزومهای والد است. هرکدام از ۴ سلّول یک هاگ (میوسپور یا هاگ جنسی) محسوب می شود که می تواند ساختمانهایی را بسازد که روی آنها گامتها از طریق میتوز ایجاد شوند.

۷. هر سلّولی که دارای یک سری کروموزوم باشد هاپلوئیدی بوده و دارای n کروموزوم می باشد و سلّولی که دو سری کروموزوم (یک جفت از هرکدام) دارد دیپلوئید می باشد و دارای ۲n کروموزوم است.

۸. در دورهٔ زندگی یک موجود که تولید مثل جنسی می کند تناوبی بین مرحله هاپلوئیدی و دیپلوئیدی وجود دارد. پیکرهٔ هاپلوئیدی گامتوفیت و پیکره دیپلوئیدی اسپوروفیت نامیده می شود.

۹. عبور از مرحلهٔ هاپلوئیدی به مرحلهٔ دیپلوئیدی موقعی رخ می دهد که دو گامت (هرکدام n) ترکیب شده و ایجاد زیگوت (۲n) نمایند. این پدیده را لقاح (سنیگامی) می نامند. تغییر از مرحلهٔ دیپلوئیدی به هاپلوئیدی وقتی اتّفاق می افتد که سلّول مادر هاگ (میوسیت) وارد تقسیم میوز شده و ۲n به ۴ سلّول n تبدیل می گردد. این تغییر مراحل تناوب نسل نامیده می شود.

پرسشهای یادآوری

۱. نشان دهید چه وقت طیّ تقسیم میوز هریک از پدیده های زیر صورت می گیرد: (الف) کراسینگ اور، (ب) کروماتیدها از سانترومرهای خود جدا شده و به قطبهای مخالف مهاجرت می نمایند، (پ) کروموزومها جفت در استوای سلّول قرار می گیرند.

۲. آیا بین تقسیم میتوز و تقسیم دوم میوز، اختلافی وجود دارد؟

۳. اهمیّت میوز در رابطه با تولید مثل جنسی چیست؟

۴. اینکه می گوییم سلّولهای مرحلهٔ اسپوروفیتی دیپلوئید و یا ۲n هستند، چه معنی دارد.
۵. در چه مرحله از دورهٔ زندگی، تعداد کروموزومها از n به ۲n تغییر می کند؟

پرسشهای تشریحی

۱. اگر موجودی از طریق غیر جنسی به فراوانی تولید مثل می کند آیا برایش مزیتّی دارد که به روش جنسی نیز تولید مثل داشته باشد؟
۲. چه اتّفاق میافتد اگر پدیده های تقسیم دوم میوز قبل از تقسیم اوّل صورت می گرفت؟
۳. آیا صحیح است اگر بگوییم یک بی والنت ۴ برابر مقدار DNA موجود در کروموزومهای آنافاز II DNA دارد؟
۴. آیا فکر می کنید که طول کروموزومها ممکن است در تعداد تقاطع و برخورد کروموزومی بین هومولوگها دخالت داشته باشد؟
۵. دو تقسیم میتوزی ممکن است در مدّت چند ساعت انجام پذیرد؛ لیکن تقسیم میوز امکان دارد خیلی طولانیتر باشد. آیا می توانید عللی برای این پدیده پیشنهاد کنید؟

منابع اضافی

DeRobertis, E. D. P., and E. M. DeRobertis; Jr. 1987. *Cell and molecular biology,* 8th ed. Philadelphia: Lea and Febiger.

Dyson, R. D. 1985. *Cell biology: a molecular approach,* 3d ed. Newton, MA: Allyn and Bacon.

Karp, G. 1984. *Cell biology,* 2d ed. Hightstown, NJ: McGraw-Hill Book Co.

Raven, P. H., R. F. Evert, and S. E. Eichorn. 1986. *Biology of plants,* 4th ed. New York: Worth Publishers, Inc.

Wolfe, S. L. 1983. *Introduction to cell biology.* Belmont, CA: Wadsworth Publishing Co.

فصل سیزدهم ـ ژنتیك و اصلاح نباتات

رؤوس مطالب

برخی اهداف فراگیری

نظر اجمالی

مقدّمه ای بر ژنتیک

- مندل و تحقیقات او
- آمیزش مونوهیبرید
- آمیزش دی هیبرید
- آمیزش برگشتی
- پیوستگی ژنها
- نقشهٔ کروموزومی
- قانون هاردی و واینبرگ
- اثر متقابل ژنها

اصلاح نباتات

- دورگه گیری
- نورمن بولارگ و انقلاب سبز
- پلی پلوئیدی
- جهش
- کشت بافت

خلاصه

پرسشهای یادآوری

پرسشهای تشریحی

منابع اضافی

گل میمون لوله باریک (Mimulus angustatus) یک گونهٔ بومی شمال کالیفرنیا.

فصل سیزدهم

ژنتیك و اصلاح نباتات

برخی اهداف فراگیری

۱- تفهیم اهمیّت آزمایشات مندل با نخود سبز .

۲- یادگیری آلل، غالبیّت، فنوتیپ، ژنوتیپ، هوموزیگوت، هتروزیگوت، آمیزش مونوهیبرید، آمیزش دی هیبرید، آمیزش برگشتی، پیوستگی ژنها، نقشهٔ کروموزومی، قانون هاوری و وینبرگ .

۳- ارائه نسبتهای فرزندان در دو نسل اوّل آمیزشهای مونو هیبرید و دی هیبرید .

۴- به دست آوردن توانایی حلّ مسائل ژنتیک ساده .

۵- تفهیم عمل متقابل ژنها .

۶- آشنایی با روشهای اساسی بهبود، و توسعهٔ محصولات کشاورزی .

۷- درك جنبه های مثبت و منفی انقلاب سبز .

نظر اجمالی

در این فصل موضوع ژنتیک به وسیلهٔ داستان آمیزش دهی Karpechenko بین یک کلم و یک تربچه معرّفی می شود. سپس به تاریخچهٔ مندل و آزمایشات ابتدایی او با نخود فرنگی

اشاره خواهد شد. هریک از اصول مندل بحث گردیده و مثالهایی از آمیزش مونوهیبرید و دی هیبرید داده می شود. بعد از آن آمیزش برگشتی و پیوستگی ژنها، نقشهٔ کروموزومی، قانون Hardy-Weinberg و اثر متقابل ژنها معرّفی می شوند. در نهایت فصل با چند اصل اساسی اصلاح نباتات پایان می یابد.

مقدّمه ای بر ژنتیک

وقتی که یک گیاه به منظور محصول دهی کشت می شود هرچه قسمتهای بیشتری از گیاه قابل استفاده باشد، زمینی که گیاه در آن کشت می شود مفیدتر واقع می گردد. در تعداد زیادی از گیاهان زراعی، تنها قسمتهایی از آنها کاربرد دارد. به عنوان مثال، ریشه های کاهو هیچ گونه استفادهٔ خوراکی یا سوختی ندارند، در گوجه فرنگی و انگور، تنها میوه ها خوراکی هستند؛ و در سیب زمینی فقط غده ها مورد استفاده قرار می گیرند؛ و در پنبه الیاف و دانه ها به عنوان بخشهای مهم مطرح هستند. در سال ۱۹۲۸ یک زیست شناس روسی بنام کارپکن کو آزمایشی را گزارش نمود که تلاش کرده بود دو گیاه خوراکی را از خانوادهٔ کلم یکی تربچه با ریشهٔ خوراکی و دیگری کلم با برگهای خوراکی باهم آمیزش دهد. می توان فرض نمود اگر چنین آمیزشی امکان پذیر باشد یک گیاه محصول ده بسیار بااهمیّت به دست می آید. کارپکن کو متوجّه شد که این دو گیاه اگرچه عضو یک خانواده هستند ولی بسادگی باهم آمیزش نمی کنند. امّا او موفق شد چند دانه از چنین آمیزشی به دست آورد. وقتی که این دانه ها کاشته شدند نتیجه تعجّب آور بود. گیاهان به دست آمده بزرگ جثّه بودند و دانه های همان گیاه خود را ایجاد کردند. این آمیزش نا موفّق بود زیرا این گیاهان بزرگ جثّه برگهای شبیه هویج و ریشه ای مانند کلم داشتند و عملاً غیر قابل استفاده بودند.

چنین آزمایشات آمیزشی به عنوان بخشی از ژنتیک محسوب می شوند. ژنتیک علمی است که با وراثت و مسائل طبیعی و ذاتی سروکار دارد. این علم جدیدترین شاخه از علوم زیستی است و بعد از شناخت جزئیات تقسیمات میوز و میتوز در اوایل قرن بیستم شروع به رشد و توسعه کرد. علم ژنتیک دامنهٔ وسیعی دارد و نه تنها در افزایش محصولات غذایی حائز اهمیّت است بلکه برای حلّ مشکلات مختلف در رابطه با بیماریهای ارثی انسان،

تأثیرگذاری پرتوها، کنترل رشد جمعیت و موارد دیگری که مستقیماً مورد استفادهٔ انسان است کاربرد دارد.

مندل و تحقیقات او

ژنتیک به‌عنوان یک علم در حدود یک نسل قبل از آن که اهمیّت آن بطور کلّی در مجامع علمی شناخته شود شروع شد. یک کشیش اطریشی بنام گریگور مندل (شکل ۱-۱۳) بین سالهای ۱۸۵۳ و ۱۸۶۸ در محلّی که اکنون شهر برنوی چک و اسلواکی واقع است تدریس می‌کرد. در آن‌جا او مطالعات وسیعی را از جمله در فیزیک، ریاضیات و تاریخ طبیعی دنبال می‌کرد. وی همچنین در شناخت زنبور عسل و هواشناسی متخصّص به‌شمار می‌آمد و یادداشتهایی نیز در مورد حدود ۲۴ گیاه مختلف ثبت کرد. امروزه او بیشتر به‌خاطر مطالعاتش روی واریته‌های مختلف نخود فرنگی *شناخته شده* است.

شکل ۱-۱۳ گرگورمندل

مندل نتیجهٔ مطالعاتش را در یک ژورنال زیست شناسی در سال ۱۸۶۶ منتشر کرد و نسخه هایی از مقاله اش را برای کتابخانه های آمریکا و انگلیس فرستاد. او همچنین مقالات خود را به حدّاقل دو گیاه شناس برجستهٔ آن زمان فرستاد. با این حال تحقیقات مندل تا سال ۱۹۰۰ مورد توجّه قرار نگرفت تا زمانی که سه گیاه شناس (شرماك اطریشی، کورنس آلمانی و هوگود ورایس هلندی) بطور مستقل در کشور خود به نتایج مشابه مندل رسیدند. هرکدام آنها در نتیجهٔ تجسس کتابخانه ای، به مقالهٔ اصلی مندل دست یافتند.

نخود فرنگی برخلاف بیشتر گیاهان گلدار *خود گرده افشان* و *خود لقاح* است. به عبارت دیگر، یک دانه گردهٔ گل نخود فرنگی قادر است در روی کلالهٔ همان گل رویش نماید، با تخمک لقاح یابد و تولید دانه کند، اگرچه مندل در مورد تقسیمات میوز و میتوز چیزی نمی دانست. او مشاهده کرد که یک گیاه نخود فرنگی تا ارتفاع مشخّصی رشد می کند، دانه هایش اگر در همان شرایط کاشته شوند در نسلهای بعدی تولید ارتفاع به نسبت مشابهی را می کند. او اندیشید که اگر گیاه بلند قدی را با یک گیاه کوتاه قد آمیزش دهد شاید حالت حدّ واسطی به دست آید. برای انجام چنین آمیزشی او می بایست با برداشتن پرچمهای گل قبل از رسیدن دانهٔ گرده از *خودلقاحی* جلوگیری کند. او دانه های گردهٔ گیاه دیگری را با دست برداشت و روی کلالهٔ گیاه اوّل منتقل نمود. او همچنین بعد از آمیزش باید مانع از نزدیک شدن حشرات گرده افشان که با خود گرده حمل می کردند به گیاه می شد (از طریق پوشاندن گیاه مورد آزمایش به وسیلهٔ یک کیسهٔ پارچه ای یا کاغذی).

هنگامی که مندل چنین آمیزشی را انجام داد نتایج شگفتی را به دست آورد. تمام نسل حاصل بلندقد شدند. هیچ گیاه کوتاه قد یا متوسّطی وجود نداشت. ولی او متوجّه شد که اگر اجازه دهد نوزادان با خود گرده افشانی انجام دهند تقریباً نسبتی معادل ۳ گیاه بلند قد و یک گیاه کوتاه قد حاصل می شود (شکل ۲-۱۳).

سپس مندل گیاهان با دانه های صاف را با گیاهان با دانه های چروکیده آمیزش داد. او همچنین آمیزشی بین گیاهان با دانه های سبز و زرد انجام داد و در نهایت هفت جفت صفت کاملاً مخالف هم را آمیزش داد.

شکل ۲-۱۳ آمیزش بین نخود بلند قد و کوتاه قد

اوّلین گیاهان مورد آمیزش، والدین و یا نسل والدین گفته می شوند. اوّلین گروه زاده ها که از والدین حاصل گردیده و با F_1 (فیلیال نامی است که به اولاد پسر یا دختر داده می شود) نشان داده می شوند نسل اوّل. فیلیال ثانویّه یا نسل دوم با F_2 نشان داده می شوند. مندل تعداد نوزادان را در هر آمیزش شمارش نمود کاری که هیچ کدام از افراد قبلی نکرده بودند. به علاوه او وراثت را با یک جفت صفت مخالف مطالعه کرد و موفّق شد در حالی که دیگران موفّق نشده بودند چون وراثت را در تمام صفات موجود تفسیر می کردند. مضافاً این که او در کارش بسیار دقیق و تیز بین بود. خوش شانسی دیگری که آورد این بود که این گیاه و صفات مشخّصی را بر گزید. چون ما اکنون می دانیم که بسیاری از صفات دیگر به وسیلهٔ عوامل پیچیده ای به دست می آید و نتایج ساده و روشنی را که توسّط مندل به دست آمد نمی دهند. مندل همچنین فوق العاده خوش شانس بود زیرا او نخود فرنگی را انتخاب کرد. اگرچه او نمی دانست نخود فرنگی دارای ۷ کروموزوم در یک سری کروموزومی است هر جفت صفت که او مطالعه کرد توسّط جفت کروموزوم همتای مختلفی حمل می شوند. خلاصه ای از مطالعات و اطّلاعات جمع آوری شده توسّط مندل در مورد نخود فرنگی درجدول ۱-۱۳ نشان داده شده است.

جدول ۱-۱۳ خلاصه ارقام به‌دست آمده از آزمایشات مندل

والدین	F_1	F_2
تلاقی زرد با دانه سبز	همه زرد	۶۰۲۲ زرد ـ ۲۰۰۱ سبز
تلاقی صاف با دانه چروکیده	همه صاف	۵۴۷۴ صاف ـ ۱۸۵۰ چروکیده
تلاقی غلاف سبز با غلاف زرد	همه سبز	۴۲۸ سبز ـ ۱۵۲ زرد
تلاقی ساقه بلند با ساقه کوتاه	همه بلند	۷۸۷ بلند ـ ۲۷۷ کوتاه
تلاقی گلها حاشیه ای با گلها در نوک	همه حاشیه ای	۶۵۱ حاشیه ای ـ ۲۰۷ انتهایی
تلاقی غلاف بادکرده با غلاف فشرده	همه باد کرده	۸۸۲ بادکرده ـ ۲۹۹ فشرده
تلاقی رنگ قرمز گل با رنگ سفید	همه قرمز	۷۰۵ قرمز ـ ۲۲۴ سفید

هنگامی که مندل در مطالعات خود شروع به جمع آوری اطّلاعات نمود، تشخیص داد که باید درون گیاهان نخود فرنگی چیزهایی وجود داشته باشند که باعث می شوند آنها دانه های زرد یا سبز و یا گلهای قرمز و سفید داشته باشند. او این موارد ناشناخته را عامل (فاکتور)

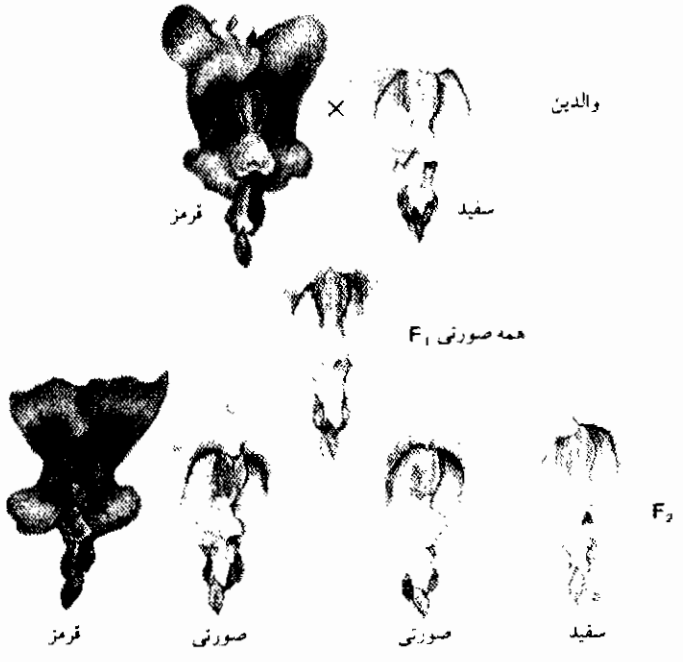
نامید، او همچنین استنباط نمود که برای هر صفت باید دو عامل وجود داشته باشد. چون اگرچه همهٔ زاده های نسل F_1 کم و بیش یکسان بودند، در نسل F_2 بعضی گیاهان با یک صفت و گیاهان دیگر با صفتی مخالف ظاهر شدند. این کشفیات و استنباطها مبنای قانونی به عنوان قانون صفت واجد شناخته شد. بطور ساده تری این قانون می گوید «عاملها همیشه جفت هستند و صفات وراثتی مختلفی را کنترل می نماید» امروزه فاکتورهای جفت به عنوان آلل که همان ژنها هستند شناخته شده اند (به فصل ۳ رجوع شود). آللها همیشه دقیقاً در یک موقعیّت خاص روی کروموزومهای همتا واقع هستند. حال می دانیم که صدها شاید حتّی هزارها آلل روی هر جفت کروموزوم همتا قرار دارند (فصل ۱۲).

مندل از اطّلاعات و مشاهدات خود استنباط کرد که یک عامل «آلل» از یک جفت ممکن است بر فاکتور دیگر غالب آید و آن را بپوشاند. به عنوان مثال در نسل اوّل آمیزشی که بین والدین دانهٔ زرد و دانهٔ سبز صورت گرفت تمام گیاهان دانهٔ زرد داشتند. در عین حال هردو والدین آشکارا باید دارای خواصی باشند که در آمیزش شرکت می نمایند، زیرا برخی از گیاهان F_2 دانه های زرد در حالی که بعضی دیگر دانه های سبز داشتند. این نتیجه گیری منجر به اصل دیگری شد که به عنوان اصل بارزیت (اصل دوم مندل) شناخته می شود. این اصل می گوید «در هرجفت فاکتور متعلّق به ژنهای مشخّص ممکن است یکی تأثیر عامل یا ژن دیگر را تحت تأثیر قرار داده یا بپوشاند». عامل یا آلل غالب عامل بارز است در حالی که عاملی که ظاهر نمی شود به عنوان فاکتور نهفته نامیده می شود. در آمیزش گیاهان دانهٔ زرد با گیاهان دانه سبز آلل زرد بارز و آلل سبز نهفته محسوب می شود.

آمیزشهای مندل روشن نمود که اگر یک گیاه دارای دانه های زرد است نشان نمی دهد که هر دو جفت عامل (آللها) رنگ زرد را کنترل کنند، زیرا بارزیت اثر عامل نهفته را می پوشاند. برای فرق گذاشتن بین ظاهر یک موجود زنده و اطّلاعات ژنتیکی که آن را هدایت می کند، ما از اصطلاحات فنوتیپ و ژنوتیپ استفاده می کنیم. فنوتیپ مربوط به ظاهر فیزیکی موجود زنده بوده و ژنوتیپ مربوط به اطّلاعات وراثتی کنترل کنندهٔ فنوتیپ می باشد. بطور مرسوم، از لغات برای نمایش فنوتیپ و از حروف برای نمایش ژنوتیپ استفاده می کنیم. به عنوان مثال در آمیزشهای مندل، هفت جفت فنوتیپ به عنوان والدین نشان داده می شود. این فنوتیپها شامل دانه های زرد، دانه های سبز، دانه های صاف، دانه های چروکیده، غلافهای سبز، غلافهای زرد و غیره می شوند. در نمایش ژنوتیپ هریک از این گیاهان یک حرف بزرگ برای نشان دادن

عضو بارز هر جفت آلل به کار می رود. همان حرف به صورت کوچک برای نشان دادن عضو نهفتهٔ همان جفت آلل استفاده می شود. برای مثال در آمیزش گیاه نخود دانهٔ زرد با دانهٔ سبز، رنگ زرد دانه بارز است. اگر گیاهی فنوتیپ زرد داشته باشد ژنوتیپ آن باید یا (YY) و یا (Yy) باشد و ژنوتیپ سبز باید (yy) باشد. اگر هردو آلل یک جفت یکسان باشند گیاه هوموزیگوس (مانند yy و YY)، و اگر جفت آلل متضاد باشند گیاه هتروزیگوس (مانند Yy) نامیده می شود.

اگرچه اصل بارزیت بطور مفصّل توسّط آمیزشهای مندل نشان داده شد، حال ما می دانیم که در بسیاری از نمونه های دیگر یک آلل کاملاً آلل دیگر را مغلوب نمی کند. به عبارت دیگر در بعضی گونه ها عدم بارزیت وجود دارد. به عنوان مثال در گل میمون گیاهان F_1 حاصل از آمیزش والدین گل قرمز و گل سفید تماماً صورتی می شوند زیرا صفات هردو آلل مخلوط می شود و حالت حدّ واسطی را ایجاد می کنند. هنگامی که نسل F_2 از چنین آمیزشی به دست می آید گلهای آنها نسبتهای ۱ قرمز : ۲ صورتی : ۱ سفید را تولید می کنند. این عدم بارزیت بنام غالبیت ناقص یا نیمه بارز نامیده می شود (شکل ۳-۱۳).



شکل ۳-۱۳ عدم حضور بارزیت (بارزیت ناکامل یا نیمه‌بارز). آمیزشی بین گل قرمز و گل سفید گل میمون.

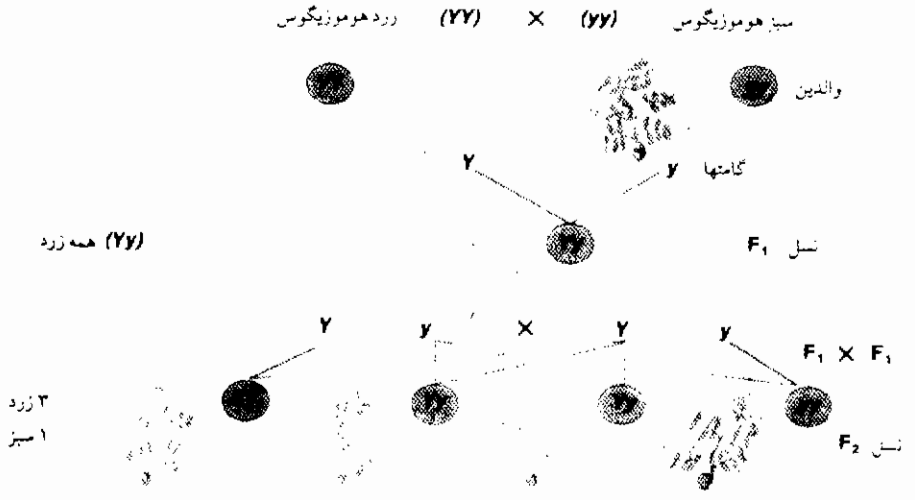
به خاطر می آورید سلّولهایی که از والدین در تولید مثل جنسی شرکت می کردند (تخمزا و اسپرم در موجودات زندهٔ عالی) گامت نام داشتند و نوزاد بعد از تخم که در اثر اتحاد گامتها ایجاد شده نموّ می کند. همچنین بیاد دارید که گامتها تنها یک سری (نصف شمارهٔ کروموزومی کامل) از کروموزومهای موجود در سلّولهای بدن موجود زنده را دارا هستند. زمانی که تقسیم میوز صورت می گیرد، اعضای جفت آلل از یکدیگر جدا شده و تا زمانی که زیگوت تشکیل شود در کنار هم قرار ندارند. مندل این جدایی جفت عوامل (آللها) در سلّولهای مجزّا را اصل تفکیک صفات (اصل سوّم مندل) نام گذاری کرد.

تلاقی مونوهیبرید

با به خاطر سپردن این سه قانون اوّل، ما آمیزشی را بین یک گیاه نخود فرنگی دانه زرد هوموزیگوس و یک گیاه نخودفرنگی دانه سبز هوموزیگوس بررسی خواهیم کرد(شکل ۴- ۱۳). ژنوتیپ والد هوموزیگوس بارز (دانه زرد) YY است. ژنوتیپ والد هوموزیگوس نهفته (دانه سبز) yy می باشد. شما از فصل ۱۲ به خاطر می آورید که گامتها فقط یکی از هرجفت کروموزوم همتا را دارا هستند. بنابراین گامتهای والد دانه زرد (YY) تنها Y خواهد بود و گامتهای والد دانه سبز (yy) بر همین مبنا y خواهد بود. هیچ شکّی نیست که تخمزا با هر اسپرم والد دیگر ترکیب شده تمام تخمهای حاصل از این آمیزش هتروزیگوس و با ژنوتیپ Yy خواهند بود. این به این معنی است که تمام افراد نسل F_1 دارای فنوتیپ دانه زرد خواهند بود و همهٔ تخمها مشابه و هتروزیگوس هستند. این نوع آمیزش که در آن والدین دارای یک جفت صفت ژنتیکی متفاوت هستند، منو هیبرید می باشد.

رسم بر این است که در چنین آمیزشهایی برای تولید نسل F_2 از خود لقاحی افراد نسل F_1 با یکدیگر استفاده شود. دونوع گامت به تعداد مساوی از هریک از والدین تولید می شود. تمام گیاهان مربوط به F_1 دارای فنوتیپ دانه زرد هستند و ژنوتیپ آنها Yy می باشد. زمانی که گامتها تولید می شوند نیمی از آنها Y و نیمی دیگر y خواهند بود. بنابراین یک تخمزا با مشخّصات Y ممکن است یا با هستهٔ اسپرم Y ترکیب و تولید YY نماید و یا با احتمال مساوی همان تخم زا ممکن است با هستهٔ اسپرم y ترکیب شده و تولید Yy را بنماید. همان نوع ترکیب احتمالی در مورد تخمزای y وجود دارد بطوری که زیگوت های Yy و yy تولید می شوند. اگر تمام زاده های تعداد فراوانی از این آمیزش ها شمارش شوند، مشاهده خواهد شد که آنها نسبتهای

ژنوتیپی YY۱ : Yy ۲ : yy ۱ را تولید کرده و نسبت تقریبی سه فنوتیپ دانه زرد و به یک فنوتیپ دانه سبز ایجاد خواهد شد. این ۴ احتمال مساوی زاده‌های F_2 در پایین تصویر ۴-۱۳ نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۳ یك آمیزش مونوهیبرید بین گیاه نخود دانه زرد با گیاه دانه سبز. زرد (Y) بارز است و سبز (y) نهفته.

تلاقی دی هیبرید

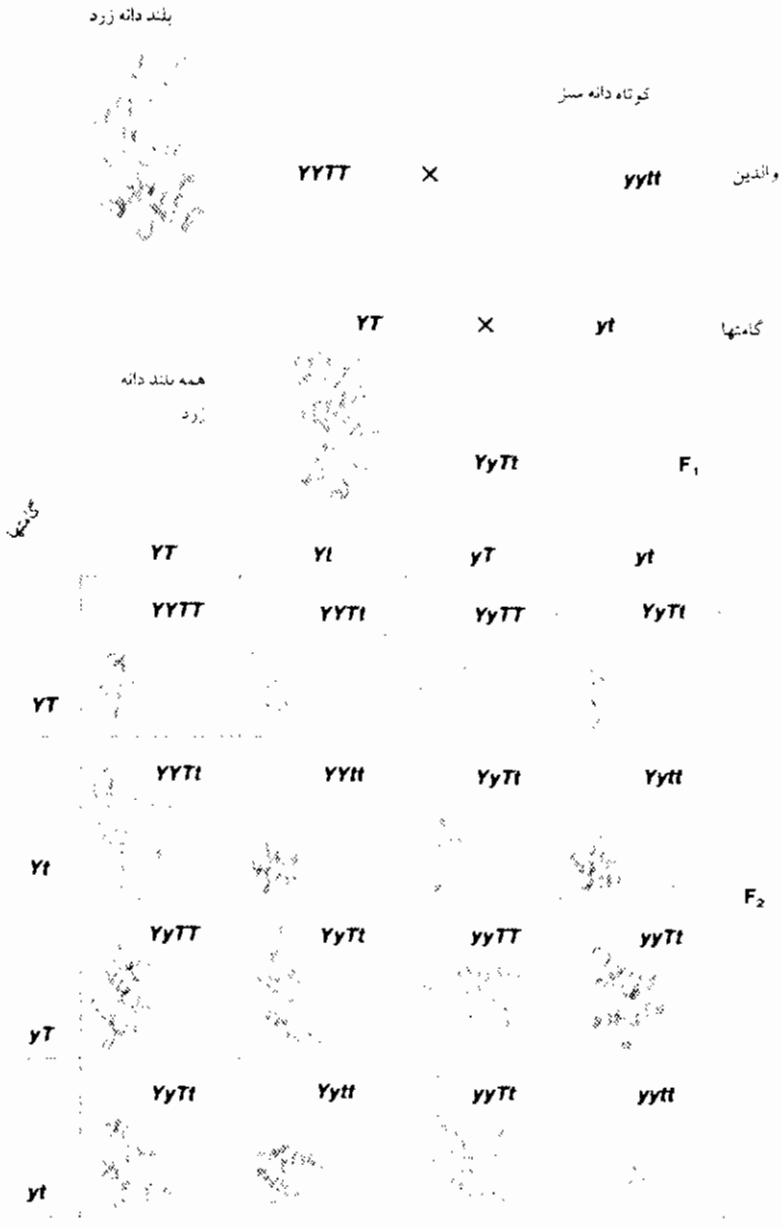
تا این جا در آمیزشهایی که قبلاً بررسی کردیم یک جفت آلل شرکت داشتند ولی همان طور که می دانید کروموزومهای همتا ممکن است دارای صدها یا حتّی هزاران آلل باشند. اگر آمیزشهایی که در والدین صورت می گیرد نسبت به ۲ یا چند جفت ژن هموزیگوس باشند، طبیعت تقسیم میوز طوری است که باعث می شود ژنها در کنار هم به ارث نرسند. در حقیقت وقتی که میوز رخ می دهد دو یا بیشتر از این سری ژنها تفکیک می شوند اگر آنها در روی کروموزومهای جدا قرار گرفته باشند. ولی مجدّداً در نتیجهٔ تشکیل زیگوت باهم ترکیب می شوند. قانون دیگر مندل که قانون تفکیک مستقل ژنهاست این موضوع را مورد توجّه قرار می دهد. بر طبق این قانون عوامل (آللها) که ۲ یا چند جفت صفت متضاد را کنترل می کنند، بطور مستقل از هم تفکیک شده و گامتها تصادفاً باهم ترکیب می شوند. این قانون هنگامی که جفت آللها روی کروموزومهای مجزّا قرار گیرند به عنوان عوامل دی هیبرید مطرح می شود.

اجازه دهید فرض کنیم که آللهای دانه های زرد رنگ و سبزرنگ روی یک جفت کروموزوم قرار دارند. در حالی که آللهای پا بلندی و پاکوتاهی گیاه روی جفت کروموزوم دیگر قرار دارند. به خاطر داشته باشید که بلند قدی در نخود فرنگی صفتی بارز و کوتاه قدی صفتی نهفته می باشد. فنوتیپ والد هوموزیگوس بارز زرد و بلند و والد هوموزیگوس نهفته سبز و کوتاه است. ژنوتیپهای مربوط به آنها به ترتیب YYTT و yytt خواهند بود. تمام گامتها که از فرد بارز تولید می شوند YT و گامتهای فرد نهفته yt خواهند بود. ژنوتیپ دی هیبرید زیگوتها همگی YyTt خواهند بود و فنوتیپ نسل F_1 تماماً زرد و بلند می باشند. اگر این افراد دی هیبرید نسل F_1 با یکدیگر آمیزش کنند، نسل F_2 تولید می شود. در F_2 به علّت تفکیک مستقلّی که درطیّ تقسیم میوز صورت می گیرد، ۴ نوع گامت به تعداد مساوی از هر والد ایجاد خواهند شد. این گامتها دارای ژنو تیپهای YT ، Yt ، yT و yt خواهند بود زمانی که هریک از گامتهای یک والد بطور تصادفی با گامتهای والد دیگر ترکیب شوند، ۱۶ ترکیب احتمال دارد به وجود آید.

برای جلوگیری از سردرگمی و به خاطر آوردن تمام ترکیب احتمالی گامتها برای مشخّص کردن ژنوتیپها از جدول پانت (Punnet) استفاده می شود دیاگرام جدول پانت گاهی با صفحهٔ شطرنج مقایسه می شود. گامتهای یک والد در بالا و گامتهای والد دیگر در سمت چپ یا راست نوشته می شود (شکل ۵-۱۳). اگر ژنوتیپهای سلّولهای تخم باهم جمع شوند خواهید دید که ۹ نوع ژنوتیپ مختلف با نسبتهای زیر:

۱ : yyTt ۲ : yyTT ۱ : Ytt ۲ : YYtt ۱ : YyTt ۴ : YyTT ۲ : YYTt ۲ : YYTT ۱

yytt در جدول وجود دارد. از این ژنوتیپها ۴ نوع فنوتیپ به نسبتهای ۹ زرد و بلند : ۳ زرد و کوتاه : ۳ سبز و بلند : ۱ سبز و کوتاه ایجاد می شوند. این نسبتها هنگامی که تعداد زیادی افراد در این آمیزشها شرکت داشته باشند قابل انتظار است. با تعداد کم ممکن است شانس به دست آمدن درصد پیش نیاید. برای مثال در جمعیت انسانی بطور کلّی تقریباً بطور مساوی زن و مرد وجود دارد لیکن در یک گروه کوچک مانند خانواده نسبت زن و مرد ممکن است مساوی بنا شد.



شکل ۵-۱۳ یك آمیزش دی‌هیبرید بین یك گیاه نخود دانه زرد بلند و دانه سبز کوتاه. زرد (Y) و بلند (T) بارز و سبز (y) و کوتاه (t) نهفته.

تلاقی برگشتی

یک نظریهٔ هنگامی علمی و دارای اعتبار و ارزش است که بتوان آن را آزمایش نمود. مندل خود پیش گوییهایش را به وسیلهٔ آمیزش برگشتی امتحان کرد. او در گلهای نخود فرنگی رنگ قرمز را با رزو رنگ سفید را نهفته مشاهده نمود(برخلاف گل میمون که فاقد بارزیت است) بطوری که تمام اولاد F_1 یک آمیزش بین والدین گل قرمز هوموزیگوس و گل سفید هوموزیگوس، همگی قرمز می باشند. گامتهای این نسل F_1 باید R یا r باشند و هر نوع به تعداد مساوی به وجود می آیند. بنابراین، اگر دانهٔ گرده از یک هیبرید F_1 در روی کلالهٔ گیاه گل سفید (که صفت نهفته و هوموزیگوس را نشان می دهد) گذاشته شود احتمال ترکیب یک گامت بارز (R) با یک گامت نهفته (r) برابر احتمال ترکیب دو گامت نهفته (r) برای تشکیل زیگوت است. بنابراین دو نوع ژنوتیپ هتروزیگوس (Rr) قرمز و (rr) سفید در زاده های آنها احتمال وقوع دارد. چنین آمیزشی بین والد نهفته هوموزیگوس و زاده های F_1 هیبرید آمیزش برگشتی نام داشته و نسبت فنوتیپی آن برابر ۱ : ۱ می باشد. نسبت ۱ : ۱ حتّی زمانی که با رزیتی وجود نداشته باشد ثابت می ماند. برای مثال در گل میمون هنگامی که گلهای صورتی F_1 با والد گل قرمز آمیزش برگشتی داده می شوند نسبتهای ۱ : ۱ صورتی و قرمز حاصل می گردد. اگر از والد سفید استفاده شود نسبتهای آمیزش برگشتی ۱ : ۱ صورتی و سفید به دست می آید.

پیوستگی ژنها

هزاران ژن ممکن است روی یک کروموزوم وجود داشته باشند و ژنهای روی هر کروموزوم هرچه به هم نزدیکتر باشند تمایل بیشتری در ارث رسیدن صفات با یکدیگر دارند. این تمایل ژنهای روی یک کروموزوم برای به ارث رسیدن را پیوستگی ژنها گویند.

در سال ۱۹۰۶ درست چندسال بعد از این که جزئیات تقسیم میوز شناخته شد دو دانشمند بنامهای بیتسون و پونت[1] (که جدول پانت به نام او نام گذاری شد) از دانشگاه کمبریج انگلستان اوّلین افرادی بودند که پدیدهٔ پیوستگی ژنها را در گیاه نخود شیرین (زینتی) گزارش دادند. آنها از قبل می دانستند که رنگ ارغوانی گلها نسبت به رنگ قرمز بارز است. و همچنین قبلاً مشاهده کرده بودند که دانهٔ گرده کشیده یک صفت بارز و دانهٔ گردهٔ مدوّر یک صفت نهفته است. وقتی که آنها یک گیاه هوموزیگوس ارغوانی و کشیده را با گیاه

1- Bateson and Punnett

هوموزیگوس قرمز و مدور آمیزش دادند همه زاده های نسل اوّل همان طور که انتظار می رفت ارغوانی و کشیده شدند. لیکن وقتی که نسل اوّل باهم آمیزش داده شد و نسل دوم تولید گردید فنوتیپ زاده های نسل دوم دارای نسبتهای متفاوتی از آنچه که انتظار می رفت یعنی ۹ : ۳ : ۳ : ۱ بودند. با مشاهدهٔ این نتیجهٔ حیرت آور، آنها نسل اوّل (هتروزیگوس ارغوانی و کشیده) را با والد صفت نهفته (هوموزیگوس قرمز و مدور) آمیزش دادند نتایج این آمیزش برگشتی نسبتهای مورد انتظار ۱ : ۱ را به دست نداد ولی در عوض نسبتهای ۱ (ارغوانی و مدوّر) : ۷ (ارغوانی و کشیده) : ۷ (قرمز و مدوّر) : ۱ (قرمز و کشیده) حاصل شد. بیتسون و پونت نتوانستند کاملاً آنچه را که اتّفاق افتاده بود توجیه کنند. در سال ۱۹۱۰ مورگان چنین نسبتهای گیج کنندهٔ مشابهی را در آزمایشات خود با مگس سرکه مشاهده نمود. او فرض نمود که مسؤول این امر پیوستگی ژنها و تقاطع کروموزومی (کراسینگ اور) می باشد و توضیحاتی که داد هم اکنون نیز معتبر است.

اگر ژنهای مربوط به رنگهای قرمز و ارغوانی و همچنین گرده های کشیده و مدوّر بر روی یک جفت کروموزوم مجزّا قرار گرفته باشند، ژنوتیپ افراد F_1 تماماً *PpLl* و هوموزیگوس نهفته *ppll* خواهد بود و اینها ژنوتیپی معادل *PpLl* ، *Ppll* ، *PpLl* ، *ppll* به نسبتهای ۱ : ۱ : ۱ : ۱ بجای نسبتهای ۷ : ۱ : ۱ : ۷ بایستی ایجاد می نمودند. ظاهراً والدین F_1 تعداد بیشتری گامتهای *PL* و *pl* نسبت به گامتهای *Pl* و *pL* تولید کرده اند. برای آمیزش برگشتی ژنها را به صورت $\frac{pl}{pl}$ و $\frac{PL}{pl}$ نمایش می دهیم که نشان دهندهٔ این است که ژنهای *L* و *P* روی یک کروموزوم و ژنهای *p* و *l* روی کروموزوم دیگر قرار دارند. می توانیم در نظر بگیریم که والد $\frac{PL}{pl}$ فقط تولید دو نوع گامت می کند که *PL* و *pl* هستند؛ و در آمیزش برگشتی دو فنوتیپ ایجاد می شود؛ ارغوانی کشیده و قرمز مدور به نسبتهای مساوی. ولی تعدادی فنوتیپ ارغوانی مدور و قرمز کشیده نیز تولید می شود. مناسبترین توضیح ظاهراً به این صورت است که مقداری تقاطع کروموزومی (کراسینگ اور) (مبحث پروفاز I میوز در فصل ۱۲) صورت گرفته است و ژنهایی *P* و *L* گاهی با ژنهای *p* و *l* جابه جا شده اند.

نقشهٔ کروموزومی

در نتیجهٔ هزاران آزمایش که با موجودات مختلف خصوصاً مگس سرکه و ذرّت صورت گرفته حال دانسته شده است که تقاطع (کراسینگ اور) کروموزومی بین ژنهای خاص پیوسته

بطور منظّم انجام می شود. میزان تقاطع کروموزومی برحسب فاصلهٔ ژنها متفاوت است و بستگی به ژنهای مورد نظر دارد. بنابراین، نتیجه می گیریم که هر ژن محلّ مخصوصی (لوکوس) را اشغال می کند. در حقیقت با محاسبهٔ درصد تقاطع کروموزومی به وسیلهٔ شمارش تعداد زیادی از فنوتیپ زاده ها می توانیم به نقشهٔ محلّ اختصاصی ژنها برروی کروموزوم به وسیلهٔ شمارش تعداد زیادی از فنوتیپ زاده ها می توانیم به نقشهٔ محلّ اختصاصی ژنها بر روی کروموزوم دست یابیم. اگر به عنوان مثال در نظر بگیریم که بخشی که در آن ۱ درصد تقاطع کروموزومی انجام می شود یک واحد نقشه فاصله بین ژنهای پیوسته باشد. بنابراین ۷ درصد برخورد کروموزومی بین ژنهای A و B به این معنی است که آنها ۷ واحد نقشه در روی کروموزوم باهم فاصله دارند.

$$A \longleftarrow \text{۷ واحد} \longrightarrow B$$

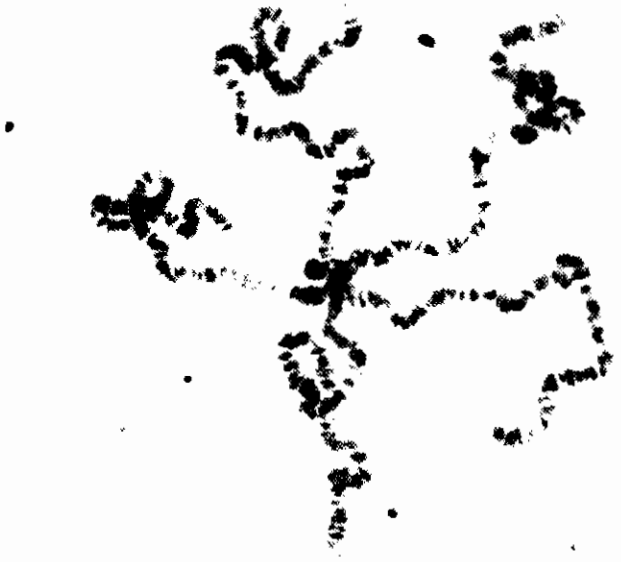
اگر ما ۱۰ درصد تقاطع کروموزومی بین ژن A و ژن سوّمی مانند C بیابیم و درصد تقاطع کروموزومی برای ژنهای B و C نشان داده شده است که ۱۷ واحد فاصله دارند، بنابراین می توانیم استدلال کنیم که A بین ژنهای B و C در روی کروموزوم واقع است.

$$\frac{C \longleftarrow \text{۱۰ واحد} \longrightarrow A \longleftarrow \text{۷ واحد} \longrightarrow B}{\text{۱۷ واحد}}$$

لیکن اگر ۳ درصد تقاطع کروموزومی بین B و C صورت گیرد، بایستی نتیجه گرفت که B بین A و C واقع است.

$$\frac{C \longleftarrow \text{۱۰ واحد} \longrightarrow A}{\longleftarrow \text{۳ واحد} \rightarrow B \longleftarrow \text{۷ واحد} \longrightarrow}$$

در آمیزش برگشتی بیتسون و پونت ۲ عدد از هر ۱۶ زادهٔ نسل F_2 به وسیلهٔ نو ترکیبی ناشی از تقاطع کروموزومی حاصل شدند که نسبت $\frac{۲}{۱۶}$ معادل ۱۲/۵ درصد می شود. می توان استنباط کرد ژنهایی که رنگ گل و شکل دانهٔ گرده را در نخود شیرین کنترل می کنند ۱۲/۵ واحد نقشه در روی کروموزوم از هم فاصله دارند، مکان و نقشهٔ صدها جفت ژن در ذرّت و مگس سرکه مشخّص شده است (شکل ۶-۱۳). نقشهٔ کروموزومهای تعداد زیادی موجود زندهٔ دیگر در مؤسسات پژوهشی سراسر دنیا در حال تعیین هستند.



شکل ۶-۱۲ کروموزم‌های غدهٔ بزاقی مگس سرکه. نوارهای رنگ گرفته در طول کروموزوم دربعضی مواقع با ژنهای خاص نقشه کروموزومی ارتباط دارد.

قانون هاردی ـ واینبرگ

قبل از پژوهشهای مندل، بیشتر زیست شناسان براین عقیده بودند که صفتهای به ارث رسیده، مخلوطی از صفات والدین هستند؛ ولی نمی دانستند که چرا بعضی از صفات تضعیف شده و سرانجام ناپدید می شوند. بعد از مندل، زیست شناسان این پرسش را مطرح کردند که چرا ژنهای بارز اثر ژنهای نهفته را بطور کامل در جمعیت آزمایشگاهی حذف نمی کنند. هاردی یک ریاضی دان انگلیسی و واینبرگ یک پزشک آلمانی در سال ۱۹۰۸ علّت آن را توضیح دادند و مشاهدات آنها هم اکنون به عنوان قانون هاردی ـ واینبرگ شناخته شده است.

قانون هاردی ـ واینبرگ که ضرورةً به عنوان اصلی برای تعادل ژنتیکی جمعیّتهای بزرگ اختصاص می یابد بیان می کند که «نسبتهای ژنهای بارز به ژنهای نهفته در یک جمعیت بسته (جمعیتی که با خارج تعادل ژنی ندارد) از نسلی به نسل دیگر حفظ می شوند مگر این که

نیروهایی وجود داشته باشند که این نسبتها را تغییر دهند». برای مثال در یک جمعیّت کوچک که ترکیب گامتها و توزیع ژنوتیپها به صورت تصادفی انجام نگرفته یا حدّاقل این حالت کاهش یافته ژنوتیپ افراد ممکن است بطور تصادفی از بین رود. در نتیجه ممکن است یک ژن گم شود. همچنین نسبت یک ژن خاص ممکن است. به وسیلهٔ موتاسیون برگشتی یعنی ایجاد یک موتاسیون بر روی یک ژن موتاسیون یافته طوری که بتدریج ژن به میزان اوّلیهٔ خود برگردد. ولی گزینش (انتخاب اصلح) مؤثّرترین دلیل استثنایی برای قانون هاردی ـ وینبرگ می باشد. طرز عمل گزینش در مبحث تکامل در فصل ۱۴ توضیح داده می شود.

اثر متقابل ژنها

بیشتر بحث ما در مورد توارث و ژنتیک تا به حال در خصوص آللهایی بوده است که صفات متضاد را کنترل می نموده اند. ولی تمام عمل ژنها در رابطه با تولید پروتئینها و آنزیمها (بخش مربوط به سنتز پروتئین در فصل ۲) می باشد که خود در ایجاد صفات نقش دارند و به وسیلهٔ چندین جفت آلل کنترل می شوند. البتّه بخش کمی از صفات نیز فقط تحت تأثیر یک جفت آلل می باشد. در عوض ژنهای غیر جفت به طرق مختلف برروی هم تأثیر می گذارند بطوری که باعث می شوند فنوتیپ حقیقی یک ژن ظاهر نشود. به عنوان مثال یک آلل ممکن است چندین صفت را ایجاد کند و اثر آلل دیگری را در جفت ژن متفاوتی بپوشاند. همچنین احتمال دارد چندین ژن یک صفت را کنترل کنند. مانند بیشتر ژنهایی که اندازه و رنگ میوه را بر عهده دارند و شدّتهای متفاوتی از رنگها را ظاهر می کنند، و یا برعکس. به تازگی متخصصین علم وراثت در مورد اثر متقابل ژنها در حال مطالعه هستند و روزانه اطّلاعات ما در مورد روابط بین ژنها افزایش می یابد.

اصلاح نباتات

اکثر واریته های گیاهان زراعی، زینتی و گیاهان اقتصادی مهمّ دیگر به وسیلهٔ اصلاح نباتات از اجداد وحشی خود به وجود آمده اند. چنین اصلاحی در کاهش گرسنگی در دنیا و افزایش منابع طبیعی اهمیّت ویژه ای دارد. این مورد به نوبهٔ خود منجر به این شده که گیاه شناسان مختلف به همراه پزشکان و انسان شناسان و مترجمین برای یافتن منشأ گیاهان جدیدتر وحشی به اکتشاف بپردازند. یکی از فعّالیتهای چنین تیمها ملاقات با داروشناسان

سنتّی و قبایل بومی نواحی گرمسیری آمریکا و آفریقا می باشد تا اطّلاعات مفیدی را از آنها در مورد مصرف گیاهان بومی کسب نمایند. فعالیتهایی از این نوع ضروری است چون گیاهان ناشناخته گرمسیری روزانه به تعداد زیادی در اثر پاك سازی جنگلها و مراتع نابود می شوند. گیاهانی که از جنبه های مختلف غذایی، دارویی تهیه پارچه و غیره مورد استفاده قرار می گیرند از دسترس انسان دور می شوند. زمانی که این تیمها اطّلاعات جمع آوری شده را بررسی می کنند امیدوارند که بتوانند میزان قابل توجّهی از مخازن ژنی جدید را (یک مخزن ژنی شامل تمام ژنهای هر فرد در جمعیّت می باشد) جهت استفاده در بهبود محصول دهی گیاهان اقتصادی و افزایش مقاومت آنها در برابر بیماریها نجات دهند. در مورد گیاهان غذایی امیدوار هستند که کیفیّت و کمیّت پروتئینهای تولید شده به وسیلهٔ گیاهان را افزایش دهند. راههای مختلفی برای بهبود واریته ها و تکثیر واریته های جدید وجود دارد. روشهای اساسی شامل دو رگه گیری، پلی پلوئیدی، ایجاد موتاسیون، و کشت بافت می باشد.

دورگه گیری (هیبریدیزاسیون)

هنگامی که واریته های مختلف (یا در مواردی گونه ها) آمیزش داده می شوند نسل F_1 نژاد اصلح با گیاهانی بزرگتر و تولیدات بهتر از هرکدام از والدین ایجاد می شود. لیکن این تأثیر معمولاً در نسل بعد ناپدید می شود بطوری که دانه های F_1 بایستی برای تولید نتایج پیش بینی شده هر فصل کاشته شوند. بیشتر ذرّتی که امروزه در آمریکای شمالی کشت می شود، از دو رگه گیری ایجاد شده است. وقتی که یک واریتهٔ جدید به وسیلهٔ دو رگه گیری تولید می شود، پژوهشهای آزمایشگاهی حدّاقل تا ۲ و یا حتّی تا ۷ نسل و بیشتر جهت تکمیل انجام می شود. در طیّ آزمایشات، آمیزش برگشتی برای تشدید صفات مطلوب زاده های والد مورد استفاده قرار می گیرد. خودگشنی (به وسیلهٔ تکرار خود گرده افشانی) و دگر گشنی (دگر گرده افشانی بین افراد یک واریته یا گونه) نقش مؤثری در این مورد ایفا می کنند. خودگشتیهای متوالی ممکن است نژادهای اصیل هوموزیگوس را افزایش بدهد از این رو ژنهای نهفته نامطلوب کنار هم قرار گیرند و عملکرد و بنیه نژادها تنزّل کند. البتّه از طریق گزینش دقیق، ژنهای بارز و نهفتهٔ مطلوب حفظ می شوند. سپس نژادهای خالص آمیزش داده می شوند. غالباً دو رگه های مرغوب F_1 حاصل می شود. این دو رگه ها به نوبهٔ خود با یکدیگر می توانند آمیزش داده شوند و غالباً حتّی هیبریدهای بسیار مرغوب و مضاعفی را تولید می کنند.

از زمان کشت گندم که هزاران سال پیش در منطقهٔ مدیترانه شروع شد عملاً صدها واریتهٔ مختلف تولید شده است. یک گروه عمده از واریته های گندم نان ظاهراً از یک دو رگه ای تشکیل شده که بین گونه ای که ۲۸ کروموزوم (n = ۱۴) دارد و یک علف که ۱۴ کروموزوم (n = ۷) داشته است منشأ گرفته است. این هیبرید عقیم بود چون سلّولهای آن فاقد کروموزومهای هومولوگ بود و بطور مناسب هنگام تقسیم میوز جفت نمی شدند. لیکن هنگامی که کروموزومها احتمالاً در میوز یا میتوز از هم جدا نشدند و متعاقب آن کروموزومها مضاعف شدند تولید هیبریدی شد که ۴۲ کروموزوم (n = ۲۱) داشت. چندین واریته جهت خنثی کردن حسّاسیت گندم به زنگ سیاه ساقه، قارچی که برای کشاورزان میلیونها دلار خسارت به بار آورده، کشت شده است. واریته های مقاوم جدید می بایستی دایماً ایجاد شوند چون واریته های قدیمیتر مقاومت خود را نسبت به نژادهای جهش یافته زنگ از دست می دهند. نژادهای جهش یافته زنگها تقریباً به سرعت رویش گندمهای مقاوم ایجاد می شوند.

نورمن بورلاگ و انقلاب سبز

نورمن بورلاگ[1] (شکل ۷-۱۳) که به عنوان پدر انقلاب سبز شناخته شده است، در سال ۱۹۷۰ به خاطر تولید نژادهای جدید گندم در مکزیک موفّق به دریافت جایزهٔ نوبل گردید. او نژادهای محصول ده تازه ای از آمیزش با واریتهٔ کوتاه ژاپنی به دست آورد. قبل از شروع پروژه در سال ۱۹۴۴ مکزیک چندین سال گندم موردنیاز خود را وارد کرده بود ولی واریته های جدید موفقیّت آمیز بودند بطوری که در طیّ ۲۰ سال مکزیک محصول گندم خود را چهار برابر کرد و محصولاتش به قدری بود که صادر هم می شد. هندوستان و پاکستان موفقیّتهای مشابه ای در این زمینه داشته اند.

اگرچه انقلاب سبز پیشرفت شگرفی داشته، لیکن این موفقیّت کامل نبوده است. محصول دهی بالا عمدةً جاهایی خوب بوده است که آب جهت آب یاری و کود فراوان در دسترس بوده است. در سال ۱۹۷۳ زمانی که اُپک (OPEC) قیمت سوختهای فسیلی را بطور قابل ملاحظه ای افزایش داد، نواحی زراعی دنیا ناگهان متوجّه شدند که آنچه که سود تلقی می شده مبدّل به زیان شد. به علاوه روشهای کشاورزی به کار گرفته شده بدون توجّه به تأثیرات دراز مدّت آنها بر روند اکولوژیکی بود فصل ۲۴ («انسان در اکوسیستم»). نواحی رویشی

1- Norman Borlaug

به وسیلهٔ کاربرد حشره کشها، علف کشها، نمکها، و فرسایش خاکهای سطحی تنزّل کردند. از سال ۱۹۷۳ تعداد زیادی از کشاورزان مجبور شدند از شغل خود دست بکشند و اکنون بحث بر سر این است که چگونه می توان به تولیدات غذا و انرژی در دهه های آینده ادامه داد.

شکل ۷-۱۳ نورمن بورلاگ «پدر انقلاب سبز».

پلی پلوئیدی

در فصل ۱۲ متوجّه شدیم هر سلّولی که دارای یک سری کروموزوم است (مانند یک گامت) هاپلوئید؛ و هر سلّولی که دو سری کروموزوم دارد (مانند یک زیگوت) دیپلوئید می باشد. ولی بسیاری از گیاهان، شامل حدود نیمی از کلّ گیاهان گلدار، بیش از دو سری کروموزوم در سلّولهای خود دارند، لذا پلی پلوئید هستند. پلی پلوئیدها که ۳، ۴، ۶ یا ۸ سری کروموزوم دارند به ترتیب تری پلوئیدی، تتراپلوئید، هگزا پلوئید و اکتو پلوئید نامیده می شوند. پلی پلوئیدی به طرق مختلف ایجاد می شود. همان طور که قبلاً در مورد گندم اشاره شد دو رگه گیری به همراه دو برابر شدن عدد کروموزومی باعث تولید پلی پلوئیدی بنام الو پلوئید می شود. سریهای کروموزومی همچنین می توانند هنگامی که جفتهای کروموزومی در طیّ جدا شدن در میوز یا میتوز با مشکل مواجه گردند، مضاعف شوند. پلی پلوئیدی حاصل، انو پلوئید نامیده می شود. یک گیاه دیپلوئید می تواند از طریق آلوپلوئیدی یا اتو پلوئیدی به یک تتراپلوئید تبدیل شود.

چون تتراپلوئیدها معمولاً بزرگتر و بهتر از دیپلوئید خود هستند، لذا اصلاح کنندگان گیاهان گاهی به وسیلهٔ تیمار دانه ها با کلشی سین، یک الکالوئید حاصل از کورم گیاه گل حسرت، سعی به تولید مصنوعی تتراپلوئیدها دارند. کُلشی سین در تشکیل دوکهای تقسیم

در طیّ میتوز مداخله می کند بطوری که جفتهای کروموزومی هنگام آنافاز جدا نمی شوند. اگر سلّول دارای دوسری کروموزوم زنده و فعّال باشد، یک گیاه تتراپلوئید سرانجام ممکن است ایجاد شود. ایجاد تتراپلوئید معمولاً در اثر تیمار دانه ها با محلول کلشی سین در غلظت کاملاً مطلوب (معمولاً ۰/۱ تا ۰/۳ درصد) می باشد. البتّه بیشتر سلّولها از بین می روند لیکن درصد کمی (معمولاً حدود ۵ درصد) از گیاهچه های باقی مانده برای دوبله شدن تعداد کروموزومهای اوّلیه مورد آزمایش قرار می گیرند. بعضی تتراپلوئیدها بطور مصنوعی و بدون استفاده از کُلشی سین ایجاد می شوند. به عنوان مثال در گوجه فرنگی ایجاد زخم در گیاه باعث تولید بافت کالوز می شود که سلّولهای آن ممکن است دوبرابر کروموزومهای پایه را داشته باشند. در ذرّت، تتراپلوئیدها گاه به وسیلهٔ حرارت دهی دانه تولید می شوند (بحث اضافی مربوط به پلی پلوئیدی به «نقش دورگه گیری در تکامل» فصل ۱۴).

جهش (موتاسیون)

جهش (بحث «مکانیسم تکامل» فصل ۱۴) که در ارتباط با تغییر ژن یا کروموزوم می باشد پدیده ای است که بطور طبیعی در تمام موجودات زنده ایجاد می شود. جهش بطور مصنوعی از طریق پرتو دهی و مواد شیمیایی ایجاد می شود. جهشهای مصنوعی شبیه جهشهای طبیعی بیشتر غیر مفید هستند. هزینهٔ آزمایشات جمعیّتهای بزرگ برای یافتن جهشهای مفید عموماً عملی نمی باشد. ولی تعداد ناچیزی از تغییرات سودمند از طریق جهش ایجاد شده اند. این جهشها شامل نژادهای خوش محصول کپک پنی سیلیوم (فصل ۱۸)، واریته های یولاف مقاوم سوختگی (بلایت)، و یک واریتهٔ اصلاح شده انگور که میوه های آن اکنون در خوشه از هم مجزا است ولی در خوشه بسیار متراکم بوده اند.

کشت بافت

کشت بافت که در پیوست ۴ توضیح داده شده پتانسیل قابل ملاحظه ای را برای بهبود کیفیّت محصولات و انتخاب صفات مناسب در جمعیتهای بزرگ از طریق کشت سلّولها در چند ظرف به جای کشت گیاهان در زمینهای وسیع ارائه می دهد. دست کاری سلّولها غالباً با قرار دادن آنها تحت یک نوع تنش از قبیل مصرف علف کشها و یا دیگر سموم، گرما، سرما، باکتریها و قارچهای بیماری زا، پرتوها و غیره همراه می باشد. سپس سلّولهایی که بین سلولهای

حسّاس زنده مانده اند، جدا سازی می شوند. کشت بافت همچنین معطوف به شیوه های مهندسی ژنتیک (قسمت مهندسی ژنتیک در فصل ۱۶)، شامل انتقال اندامکها از سلّولی به سلّول دیگر و دو رگه گیری سلّولها از طریق آمیزش پروتوپلاسمی شده است. این تکنیکها شامل هضم دیوارهٔ سلّولی توسّط آنزیمها بوده؛ و لذا پروتوپلاست برهنه باقی می ماند. درصد کمی از پروتوپلاستها در محیط کشت باهم ترکیب شده تولید سلّولهای هیبریدی را می کنند که حامل ژنهای هردو والد می باشند سپس سلّولهای هیبرید از سلّولهای والدین با ژنوتیپهای مشخّص به وسیلهٔ کشت آنها روی محیط کشت مخصوص که تنها سلّولهای هیبرید قادر به رشد هستند، تفکیک می شوند.

خلاصه

۱. کارپچنکو یک تربچه را با کلم آمیزش داد که محصولات غذایی بهتری به دست آورد، لیکن نتیجه رضایت بخش نبود. چنین آزمایشات آمیزشی بخشی از ژنتیک علمی است که در ارتباط با وراثت و توارث طبیعی است.

۲. ژنتیک به صورت یک علم ابتدا به وسیلهٔ گرگور مندل یک کشیش اطریشی بنیان گذاشته شد که آزمایشاتی را با نخود فرنگی انجام داد. مندل آمیزشهایی را با واریته هایی از نخودفرنگی که دارای صفتهای متضادبودند انجام داد. گیاهان اوّلیه که آمیزش بین آنها صورت می گیردوالدین نامیده می شوند، زاده های آنها نسل F_1، و زاده های حاصل از آمیزش بین افراد نسل F_1 را نسل F_2 تشکیل می دهند. گیاهان F_1 را هیبرید یا دورگه نیز می نامند.

۳. مندل از نظرشمارش کلیّه زاده ها و دقّت زیاد، با پیشینیان خودمتفاوت بود. او همچنین در صفاتی که برای مطالعه انتخاب کردشانسی استثنایی آورد. درآمیزشهایی که او روی نخودفرنگی انجام دادمتوجّه شدکه تمام دورگه های F_1 از نظرظاهرشبیه یکی ازوالدین خود هستندولی زاده های F_2 دارای نسبت۳گیاه مشابه یک والد و یک گیاه شبیه والد دیگر بودند.

۴. مندل موارد ایجاد صفات را در درون گیاه عامل نام نهاد. وی همچنین تصوّر کرد که هر گیاه برای هر صفت بایستی ۲ عامل داشته باشد. و لذا قانون اوّل مندل «عامل همیشه به صورت جفت وجود دارند و صفات مختلف را کنترل می کنند» ارائه شد. بعداً عاملها به عنوان آلل که ژنها هستند شناخته شدند.

۵. مندل نتیجه گرفت که یک عضو جفت عامل ممکن است اثر عضو دیگر را بپوشاند که آن را عامل بارز و عضو دیگر را عامل نهفته نامید.

۶. جهت تشخیص بین ظاهر و آرایش ژنتیکی یک موجود زنده واژه های متفاوتی به کار می رود. فنوتیپ برای ظاهر و ژنوتیپ برای آرایش ژنتیکی. فنوتیپ با کلمات توضیح داده می شود در حالی که ژنوتیپ با حروف نشان داده می شود. حروف بزرگ برای ژنهای بارز و حروف کوچک برای ژنهای نهفته به کار می رود.

۷. اگر هردوعضو یک آلل یکسان باشند، گیاه هوموزیگوس گفته می شود. اگر عضوها مختلف و مخالف باشند گیاه هتروزیگوس است. گاهی نسل F_1 در نتیجهٔ فقدان بارزیت از نظر فنوتیپی ممکن است کم و بیش حدّ واسط بین والدین باشد (بارزیت ناقص یا نیمه بارز).

۸. در آمیزش مونوهیبرید، زاده ها به نسبت ۱ : ۳ تولید می شوند زمانی که صفات بارز و نهفته وجود داشته باشد. در آمیزش دی هیبرید بارزیت اولاد معمولاً دارای نسبتهای فنوتیپ ۱ : ۳ : ۳ : ۹ هستند.

۹. آمیزشهای برگشتی برای امتحان نتایج آزمایشات ژنتیکی انجام می شود. چنین آزمایشهایی به همراه آمیزش F_1 با والد نهفته بوده و بطور معمول تولید نسبت فنوتیپی ۱ : ۱ (مونو هیبرید) و ۱ : ۱ : ۱ : ۱ (دی هیبرید) را می کند.

۱۰. غالباً هزاران ژن روی کروموزوم وجود دارد ژنهایی که باهم به ارث می رسند ژنهای پیوسته نامیده می شوند. بیتسون و پونت کشف کردند که رنگ گل و شکل دانه گرده در نخود زینتی نسبتهای فنوتیپی مورد انتظار ۱ : ۳ : ۳ : ۹ را در نسل F_2 تولید نمی کنند. مورگان بیان کرد که نسبت ۷ : ۲ : ۲ : ۷ حاصل پیوستگی ژنها و تقاطع (کراسینگ اور) تصادفی کروموزومی است.

۱۱. در نتیجه محاسبه درصد کراسینگ اور محقّقین قادر هستند تا موقعیّت نسبی ژنها را روی کروموزوم تعیین کنند. عملی که نقشه کروموزومی نامیده می شود. هرچه ژنهای روی یک کروموزوم نزدیکتر باشند کمتر دچار کراسینگ اور می شوند، و بالعکس.

۱۲. قبل از این که تحقیقات مندل شناخته شود بیشتر زیست شناسان درك نمی کردند چرا صفات نهفته در یک جمعیت سرانجام محو نمی شوند. هاردی واینبرگ در قانونی که هم اکنون بنام قانون هاردی ـ واینبرگ است توضیح دادند که نسبتهای ژنهای بارز به ژنهای نهفته در یک جمعیت بسته معمولی از نسلی به نسل دیگر حفظ می شود مگر این که

نیروهایی وجود داشته باشند که این نسبتها را تغییر دهند. مهمترین دلیل برای استثناها قانون هاردی ـ واینبرگ گزینش (انتخاب طبیعی) می باشند.

۱۳. ژنها با یکدیگر تداخل می کنند بطوری که یک فنوتیپ بندرت بیان مستقیم آلل خود می باشد. یک ژن ممکن است چندین صفت و یا چندین آلل را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین چندین ژن ممکن است روی یک صفت گاهی به صورت فزاینده تأثیر بگذارند.

۱۴. اصلاح نباتات پتانسیل قابل ملاحظه ای برای کاهش گرسنگی در دنیای آینده ارائه می دهد. بهبود محصولات می تواند از طریق شیوه های مختلفی از قبیل دورگه گیری، پلی پلوئیدی، جهش، و کشت بافت صورت پذیرد. کاربرد کشت بافت برای بهبود محصولات می تواند موجب انتخاب سلّولهایی شود که تحت تأثیر عواملی قرار گرفته اند. آمیزش پروتوپلاستها بعد از تجزیه دیوارهٔ آنها توسّط آنزیمها صورت می گیرد.

پرسشهای یادآوری

۱. چه زمانی ژنتیک به عنوان یک علم مطرح شد؟

۲. چرا مندل جایی که دیگران با مشکل مواجه شدند، موفّق شد؟

۳. شرمارک، گورنس، دورایس چه کسانی بودند؟

۴. هیبرید، نسل F_1، فنوتیپ، ژنوتیپ، هوموزیگوس، هتروزیگوس، بارز، نهفته را تعریف کنید.

۵. قوانین مندل کدامند؟

۶. در یک واریته گیاهان گلدار گلهای آبی و کوتاه قدی به وسیلهٔ ژنهای بارز کنترل می شوند. گلهای سفید و بلندقدی نهفته هستند. جفتهای ژن روی جفت کروموزوم مجزّا قرار دارند. اگر یک گیاه آبی کوتاه هوموزیگوس با یک گیاه سفید بلند هوموزیگوس آمیزش داده شود:
الف) فنوتیپ و ژنوتیپهای نسل F_1 چیست؟
ب) در نسل F_2 چند نوع مختلف ژنوتیپ تولید می شود؟
پ) نسبت فنوتیپ مورد انتظار در نسل F_2 چیست؟
ت) از آمیزش بین BbDd و BBDD چه ژنوتیپهایی حاصل می شود؟
ث) از آمیزش بین BBDd و bbDd چه فنوتیپهایی حاصل می شود؟

۷. در کدوی تابستانی؛ میوهٔ پهن نسبت به میوهٔ کروی و گرد بارز؛ و میوهٔ سفید نسبت به میوه زرد بارز است. اگر یک واریتهٔ هوموزیگوس سفید پهن با یک واریتهٔ هوموزیگوس

زرد گرد آمیزش داده شود، چند ژنوتیپ هوموزیگوس مختلف در نسل F_2 محتمل است؟

۸. آمیزشی بین گیاه گل سفید و گیاه گل قرمز همان واریته انجام می گیرد. نسل F_2 دارای ۳۲ گیاه گل سفید، ۶۴ گیاه گل صورتی، و ۲۹ گیاه گل قرمز است. علّت این امر را توضیح دهید.

۹. در گوجه فرنگی پوست صاف بارز و کرکدار نهفته است همچنین صفت بلندقدی بارز و کوتاه قدی نهفته است. یک واریتهٔ هوموزیگوس صاف بلند، با یک واریتهٔ هوموزیگوس کرکدار کوتاه آمیزش داده می شود. زاده های آمیزش برگشتی ۹۵ صاف و بلند، ۳ کرکدار و بلند، ۴ صاف و کوتاه، و ۹۶ کرکدار و کوتاه هستند، آیا پیوستگی ژنی وجود دارد؛ اگر چنین است، درصد کراسینگ اور چه اندازه است؟

۱۰. در کدو رنگ سفید که به وسیلهٔ یک ژن واحد کنترل می شود بارز و رنگ زرد نهفته است. فنوتیپها و ژنوتیپها را برای هریک از آمیزشهای زیر پیشنهاد نمایید Ww × Ww ؛ WW × ww ؛ Ww × ww.

۱۱. اگر در یک واریتهٔ لوبیای یک ساله خود گرده افشان، گلهای قرمز بارز و گلهای سفید نهفته باشند، فرض کنید شما یک دانه لوبیای هتروزیگوس را در یک جزیره می کارید. این لوبیا رویش نموده و تکثیر حاصل می کند. چه رنگها و نسبتهای فنوتیپی را در نسل F_2 خواهید داشت؟

۱۲. در گل میمون رنگ گل قرمز در مقابل رنگ گل سفید نیمه بارز (فقدان بارزیت) را نشان می دهد. اگر شما بخواهید دانه هایی تولید کنید که در صورت کاشتن فقط گیاهان گل صورتی تولید کنند بایستی چه بکنید؟

۱۳. اگر گیاهی دارای سه صفت بارز هوموزیگوس و گیاه دیگر برای همان صفات نهفته باشد و دو گیاه را باهم آمیزش دهید چه نسبتی از نسل F_2 شبیه والدین خواهند بود؟

۱۴. اگر گونهٔ گیاهی در هر سلّول خود دارای عدد کروموزومی فرد باشد، برای گامتها چه اتّفاقی می افتد؟

۱۵. هنگامی که گفته می شود ژنها پیوسته اند منظور چیست؟

۱۶. نقشه کروموزومی چیست و چگونه ایجاد می شود؟

۱۷. قانون هاردی ـ واینبرگ چیست؟

۱۸. نورمن بورلاگ برای چه جایزهٔ نوبل را دریافت نمود؟

۱۹. پلی پلوئیدها چگونه تولید می شوند؟

۲۰. جهش چیست؟ آیا جهش برای یک موجود زنده مفید است؟

پرسشهای تشریحی

۱. گفته می شود مندل در کشفیّات خودشانس خوبی داشته است، آیا فکر می کنید بیشتر دانشمندان که به کشفیات مهم دست می یابند خوش شانس هستند؟

۲. نخود فرنگی مورد آزمایشات مندل **خودگشن**می باشد. چنین پدیده ای، چه مزایا و چه ضررهایی برای گیاه دارد؟

۳. نورمن بورلاگ برای بهبود واریته های گندم کارهای موفّقی انجام داد، لیکن این موفقیّت با هزینه های استعمال کود و مصرف آب جهت آب یاری و کاهش کیفیّت خاك همراه می باشد. اگر شما بخواهید تحقیقات مشابهی را با یک گیاه زراعی متفاوت انجام دهید چه راههایی را می اندیشید که بتوانید این مشکلات را جبران نمایید و یا بر آنها غالب آیید؟

منابع اضافی

Grant, V. 1981. *Plant speciation*, 2d ed. New York: Columbia University Press.

Janick, J., R. W. Schery, F. W. Woods, and V. W. Ruttan. 1981. *Plant Science*, 3d ed. San Francisco: W.H. Freeman and Company.

Kiger, A., and J. Kiger. 1983. *Modern genetics*, 2d ed. Menlo Park, CA: Benjamin-Cummings Publishing Co.

Maynard-Smith, J. 1989. *Evolutionary genetics*. Fairlawn NY: Oxford University Press.

Olby, R. C. 1985. *The origins of mendelism*, 2d ed. Chicago: University of Chicago Press.

Otte, D., and J. A. Endler, eds. 1989. *Speciation and its consequences*. Sunderland MA: Sinauer Associates, Inc.

Strickberger, M. W. 1985. *Genetics*, 3d ed. New York: Macmillan Publishing Co., Inc.

فصل چهاردهم ـ تکامل

رؤوس مطالب

برخی اهداف فراگیری

نظر اجمالی

مقدّمه

چالِز داروین

اصول گزینش طبیعی

مکانیسم تکامل

نقش دورگ گیری در تکامل

جداسازی در تولید مثل

سرعت تکامل

توضیح و بحث

خلاصه

پرسشهای یادآوری

پرسشهای تشریحی

منابع اضافی

گیاه کاهیلی جینجرا (Hedychium gardneriarum) و سرخس درختي هاوايي (Cibotium sp.).

فصل چهاردهم

تکامل

برخی اهداف فراگیری

۱- تفهیم این که چگونه ادامهٔ دورگه گیری منجر به خلق گونه های جدید می شود.

۲- شناخت خدمات چارلز داروین به نظریه های تکامل آلی و اصول گزینش طبیعی به صورتی که او آنها را درك کرد.

۳- توضیح اهمیّت جهش و جداسازی تولید مثلی در تکامل.

۴- ارائه دلایل از گذشته و حال در خصوص جدال مربوط به تئوری تکاملی.

نظر اجمالی

بحث تکامل، با تاریخچهٔ مختصری از چارلز داروین و عقاید یا اصول او در مورد نظریهٔ تکامل توسّط گزینش طبیعی آغاز می شود. مکانیسمهای تکامل، شامل جهش، دورگه گیری، دخول، پلی پلوئیدی و اپومیکسی و جداسازی تولید مثلی، توضیح داده می شود. فصل با آزمایشی در مورد نقش جداسازی و جهش در دگرگونی دارونیسم و نیز یا یک آزمایش جهت اثبات تکامل، خاتمه می یابد.

مقدّمه

تحوّلات تاریخی کمی را می توان نام برد که از سال ۱۸۵۹ تا کنون چنین تأثیر عمیقی در امور اجتماعی و بخصوص علوم زیستی داشته به حدّی که در کتاب داروین آمده است. عنوان کتاب داروین «منشأ گونه ها از طریق گزینش طبیعی، یا حفظ نژادهای برتر در تنازع برای بقا». نظریهٔ تکاملی داروین از طریق گزینش طبیعی افکار بسیاری را برانگیخته و توضیحی را در مورد قوانین طبیعت برای حیات اطراف ما ارائه داده است.

شکل ۱-۱۴ چارلز داروین

چارلز داروین

چارلز داروین در سال ۱۸۰۹ در شروزبری (Shrewsbury) انگلستان متولّد شد. پدرش رابرت داروین یک پزشک موفّق روستا و نسبةً ثروتمند بود. داروین جوان در سنّ ۱۶ سالگی به سال ۱۸۲۵ به دانشکدهٔ پزشکی دانشگاه ادینبرگ فرستاده شد تا مسیر پدرش را دنبال کند.

ولی او در تحصیلاتش پیشرفتی نکرد و بعد از ۲ سال اخراج شد. سال بعد برای تحصیلات خود به دانشگاه کمبریج رفت که در این جا نیز موفّق نشد. بخشی از دلایل ضعف و ناتوانی اش در تحصیلات ظاهراً به واسطهٔ وقت زیادی بود که در حومهٔ شهر برای جمع آوری سوسکها، سنگها و . . . تلف می کرد یا با اساتید زیست شناسی دانشکده اش که برای او احترام زیادی قایل بودند صرف می کرد. او بسختی معدّلی معادل ج امروزی کسب کرد. ولی موفّق شد در سال ۱۸۳۱ با درجهٔ ممتاز از رشتهٔ الهیّات فارغ التّحصیل شود. در این زمان او ۲۲ سال داشت ولی هنوز مطمئن نبود که در زندگی اش چه می خواهد. هنگامی که او به این موضوعات می اندیشید، پادشاه انگلیس ویلیام چهارم به سرنشینان یک کشتی بادبانی بنام اچ. ام. اس بیگل جهت سفر دریایی به سراسر دنیا به منظور ترسیم نقشهٔ خطوط ساحلی و بخصوص سواحل آمریکای جنوبی مأموریت داد. داروین جوان توسّط اساتید زیست شناسی کمبریج در این سفر به عنوان طبیعی دان (بدون حقوق) برای استخدام پیشنهاد شد. پدرش مخالف این کار بود ولی عمویش از او پشتیبانی کرد و او به این سفر رفت.

مسافرت دریایی که از ۲۷ دسامبر ۱۸۳۱ آغاز شد ۵ سال به طول انجامید و به داروین این فرصت را داد که نمونه هایی از هردو سوی آمریکای جنوبی، جزایر گالاپاگوس، و در طول استرالیا و زلاندنو جمع آوری کند. او دفتر و تاریخ روزانه ای را نگهداری می کرد. ساعات بی شماری را سوار بر اسب بتنهایی برای جمع آوری نمونه ها صرف می نمود. این سفر فرصت زیادی را به داروین داد تا در بارهٔ اشکال و انتشار هزاران موجود که با آنها روبرو شده بود فکر کند. افکار او تدریجاً به رشد فرضیه هایی منجر شد که بعداً نظریهٔ معروف او یعنی «تکامل از طریق گزینش طبیعی» را تشکیل داد.

داروین در برگشت به انگلستان در سال ۱۸۳۶ از حمایت مالی پدر و عموزاده اش اما که با او ازدواج کرد برخوردار شد. او اگرچه هنوز جوان بود ولی در روستا بازنشسته شد و شروع به مطالعه بر روی مجموعه ها و دفاترش نمود. او همچنین ارتباطات زیادی را با دیگر زیست شناسان انجام داد و تحقیقات فراوانی را در زمینهٔ مکانیسمهای گرده افشانی، اکولوژی کرم خاکی، توزیع جغرافیایی گیاهان و جانوران در چندین رشتهٔ تاریخ طبیعی صورت داد. در طیّ دوران فعّالیت خود، از مقاله ای توسّط مالتوس که در سال ۱۷۹۸ در خصوص جمعیّتهای انسانی و ذخایر غذایی نوشتهٔ شده بود ایده و راهنمایی می گرفت. داروین متوجّه این نکتهٔ مهم شد که اگرچه انسان ممکن است در نتیجهٔ تکثیر و اصلاح نباتات ذخایر غذایی خود را افزایش

دهد و بهبود بخشد لیکن جانوران و گیاهان چنین عملی را نمی توانسته اند انجام دهند و بنابراین با گزینش طبیعی مواجه شده اند. چنین گزینشی ، تغییرات در جمعیتهای طبیعی را توجیه می کند. ولی او نسبت به انتشار نظریه اش مردّد بود و تا سال ۱۸۵۶ نوشتن کتاب خود «منشأ گونه ها» را شروع نکرد.

در این میان یک طبیعی دان بنام آلفرد والاس (۱۸۲۳-۱۹۱۳) که به علم جغرافیای جانوری به میزان بسیاز زیادی کمک کرده است، مستقلاً نتیجه گرفت که گزینش طبیعی توأم با تولید گونه های جدید است و در سال ۱۸۵۸ مقالهٔ مختصری را در این مورد برای داروین ارسال کرد. داروین به اصرار دوستان نظریهٔ خود را با والاس مشترکاً منتشر نمود و در سال ۱۸۵۹ کتاب کلاسیک داروین بنام «منشأ گونه ها توسّط گزینش طبیعی» انتشار یافت.

اصول گزینش طبیعی

در اصل نظریهٔ داروین توسّط گزینش طبیعی بر پایه ۴ اصل استوار است:

۱. افزایش تولید. بسیاری از موجودات زنده، تعداد بی شماری سلّولهای تولیدمثلی و یا نوزادان را به وجود می آورند. برای مثال، یک درخت افرا سالانه هزاران دانه ایجاد می کند که بیشتر آنها قادرند به یک درخت جدید تبدیل شوند. بعضی قارچها میلیارد، هاگ تولید می کنید که هرکدام توانایی تولید یک قارچ جدید را دارند.

۲. تنازع بقا : تمام دانه ها، هاگها و دیگر سلّولهای تولیدمثلی موجودات زنده جهت دست رسی به رطوبت، نور، مواد غذایی و فضا، رقابت می کنند. مقادیر این عناصر در طبیعت برای حیات تمامی این موجودات زنده کافی نیست وَعدّه ای از بین خواهند رفت.

۳. توارث و تجمّع تغییرات مطلوب : تمام موجودات زنده، با هم اختلاف دارند. آن تغییرات توارثی با ارزش برای بقا از نسلی به نسل دیگر به ارث رسیده و در نتیجه گذشت زمان تجمّع می یابند، در حالی که دیگر تغییرات برای ادامهٔ حیات گونه ها اهمیّت نداشته و تدریجاً حذف می شوند.

۴ بقا و ازدیاد نمونه های اصلح : اشکالی از موجودات زنده که بهترین سازش را با محیط زیست دارند دارای بیشترین شانس بقا و تولید مثل هستند، در حالی که بقیّه که با محیط کمتر سازش دارند ممکن است از بین بروند. برای مثال، یک درخت با پوست ضخیم

تغییرات مطلوبی را برای بقا در دمای پایین دارا می باشد، از این رو تا سنّ باروری به حیات خود ادامه داده و اولاد آن حامل صفات وراثتی درخت خواهند بود.

نکتهٔ مورد انتقاد نظریهٔ داروین که در سال ۱۸۵۹ انتشار یافت این بود که نحوهٔ تولید مثل و منشأ تغییرات ارثی توضیح داده نشده بود. ولی باید توجّه کرد که کشفیات مندل تا سال ۱۸۶۶ انتشار نیافته بود و جزئیات تقسیمات میتوز و میوز تا سالهای ۱۹۰۰ و ۱۹۰۶ شناخته نشده بود. امروزه ما با دانش خیلی وسیعتر، نحوهٔ تغییرات توارثی، مکانیسمهای تکاملی جمعیّتها را بیشتر از زمان داروین درك می کنیم.

جمعیّتهای موجودات زنده، از مورچه خوار تا گل آهار، از چند فرد تا میلیاردها افراد تشکیل شده اند. حتّی در جمعیّتهای بزرگ حقیقةً محال است دو موجود را پیدا کنیم که عیناً تا سطح ملکولی مشابه باشند. ما به عنوان انسانها در گونهٔ خودمان از این امر بخوبی با اطلاع هستیم. اختلافات در تمام موجودات زنده وجود دارد، حتّی اگرچه در اشکال تک سلّولی ساده تر، اختلافات کمتر نمایان باشد، لیکن اختلافات چه آشکار و چه ضعیف باشند، اگر شرایط محیطی و دیگر عوامل تغییرات وراثتی مشخّصی را حمایت کنند و باعث حذف دیگر خصوصیات وراثتی شوند صفات عمومی جمعیت نهایةً تغییر خواهد کرد.

در بعضی موارد شرایط محیطی ممکن است شکل ظاهری (فنوتیپ) را اندکی تغییر دهد بدون این که تأثیری در خصوصیات ژنتیکی موجود داشته باشد. گیاهانی که در مکانهای همسطح دریا نسبةً بلند هستند، هنگامی که به نواحی سردتر و کوهستانی و یا نواحی خشکتر بیابانی منتقل شوند کوتاه قد می شوند. با این حال اگر آنها به مکانهای اوّلیه برده شوند قادر به تولید مثل آزاد با گیاهان اوّلیه خواهند بود. اگر به گیاهان کود یا هورمونهای رشد اضافه کنیم و یا آنها را هرس نماییم، این تغییرات به زاده ها منتقل نمی شوند. هیچ گونه تغییر دایمی در یک جمعیّت ایجاد نمی شود مگر این که تغییرات وراثتی باشند. تغییرات ناشی از افزودن کود یا هرس کردن گیاهان به فرزندان منتقل نمی شوند زیرا گامتهای این گیاهان همان اطّلاعات توارثی را حامل هستند که گیاهانی که به آنها کود افزوده نشده و یا هرس نشده اند.

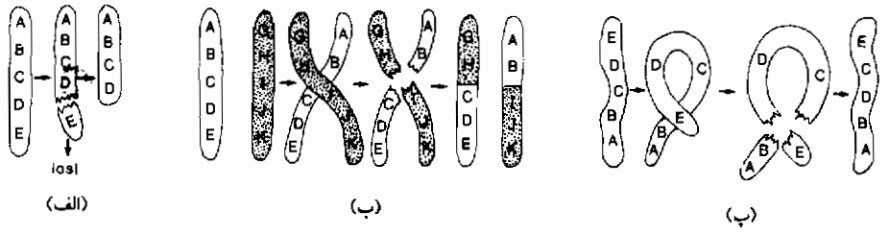
قبل از این که جزئیات علم ژنتیک شناخته شود. بسیاری از زیست شناسان معروف عقیده داشتند که تغییرات وراثتی در جمعیّتها در طول زمانهای طولانی (تکامل) در نتیجه توارث صفات مکتسبه به وقوع می پیوندند. یکی از طرفداران با نفوذ این عقیده لامارك (۱۷۴۴-۱۸۲۹) بود. او عقیده داشت که زرافّه ها طول دراز گردن خود را به عنوان نتیجه ای از

افزایش تدریجی طول گردن پس از چندین نسل به دست آورده‌اند. چون زرافّه در زمانهایی که گردنهایشان کوتاه بود تلاش می کردند تا به برگهای شاخه های درختان برسند. فرض شد که تلاش آنها و در نتیجه افزایش طول اندك گردن به فرزندان منتقل شده تا سرانجام افزایشهای نامحسوس ناشی از تلاش تک تک افراد، طول زیاد امروزی گردن زرّافه را سبب شده است. اگر چنین بوده باشد، انسان می تواند آن را به صورت تجربی نشان دهد. در واقع کوششهایی صورت گرفت ولی همگی رد شدند. برای نمونه یکی از این کوششها مربوط به قطع دم موش در چند نسل متوالی بود ولی موشهای آخرین نسل دارای دمهایی دقیقاً به اندازهٔ دمهای موشهای نسل اوّل بودند. زیرا قطع مکرّر دمها به هیچ وجه روی صفات وراثتی ژنهای درون سلّولها تأثیری نگذاشت. همچنین درختان میوه ای که سالانه هرس می شوند هرگز در نتیجهٔ آن حتّی بعد از چندین نسل تولید دانه های درختان کوتاه قد را نمی کنند.

مکانیسمهای تکامل

علی رغم آزمایشاتی که توضیح داده شد، گاهی موشهای دم کوتاه و درختان میوه کوتاه قد ایجاد می شوند، ولی به دلایل کاملاً متفاوتی. نه به دلایلی که توسّط لامارك و همعصران وی پیشنهاد شد. این حالتها در نتیجهٔ تغییرات ناگهانی یک ژن یا کروموزوم ایجاد می شوند، این چنین تغییراتی جهش (موتاسیون) نام دارد، واژه‌ای که در سال ۱۹۰۱ توسّط گیاه شناسی هلندی هوگودر ورایس پیشنهاد شد. تغییرات کروموزومی ممکن است به چند صورت اتّفاق افتد؛ بخشی از کروموزوم ممکن است شکسته و مفقود شود (کمبود)، یا بخشی از کروموزوم به کروموزوم دیگر متّصل گردد (جابه جایی). گاهی بخشی از یک کروموزوم، جدا شده و در موقعیّتی وارونه دوباره متّصل می شود (وارونه شدن) (شکل ۲-۱۴). جهش یک ژن، ممکن است به همراه تغییر یک یا چند جفت نوکلئوتید باشد (فصل ۳). میزان جهش از یک ژن تا ژن دیگر بطور قابل ملاحظه ای متفاوت است ولی جهشها بطور دایم در تمام موجودات زنده اتّفاق می افتد و میزان ژنهای جهش یافته به ازای یک در دویست هزار تخمین زده شده است. ژنهای جهش زا که میزان جهش در ژنهای دیگر را افزایش می دهند، کشف شده اند، امّا عموماً مقدار جهش برای یک ژن مشخّص نسبةً ثابت می ماند مگر این که در محیط زیست تغییراتی (نظیر افزایش پرتوهای کیهانی) ایجاد شود. بیشتر جهشها مضرّ هستند و اکثر اوقات منجر به مرگ سلّول می شوند. حدود یک درصد یا کمتر از جهشها بی ضرر بوده و یا

صفتی تولید می کنند که به بقای گونه با توجّه به تغییرات محیطی کمک می کنند. نظریّه های جدید تکاملی با توجّه به جهشهای حاصل از نو ترکیبهای ژنتیکی طیّ دو رگه گیری که گونه های جدیدی را ایجاد می کنند، از نظریهٔ گزینش طبیعی داروین فراتر رفته اند. این پدیده ها همچنین عمل جداسازی تولید مثلی را نیز شامل می شوند (در قسمت بعد توضیح داده می شود).



شکل ۲-۱۴ بعضی از تبادلات و تغییرات کروموزومی. الف ـ حذف کروموزومی، بخشی از کروموزوم شکسته و مفقود می‌شود. ب ـ جابه‌جایی، بخشی از یك کروموزوم به‌کروموزوم دیگر اتّصال حاصل می‌نماید. پ ـ وارونه شدن، بخشی از یك کروموزوم شکسته شده و به‌صورت معکوس دوباره به کروموزوم اولیه اتّصال حاصل می‌نماید.

نقش دورگ گیری در تکامل

دورگ گیری (تولید فرزندان به وسیلهٔ والدین که هریک در یک یا چند صفت متفاوتند) بندرت بطور طبیعی رخ می دهد ولی زمانی که به وقوع بپیوندند بسته به این که چگونه صفات والدین باهم ترکیب شده باشند، دو رگها ممکن است دارای تغییرات مهم و قابل توجّهی باشند. برای مثال، اگر شرایط محیطی تغییر کند (مانند کاهش میانگین درجهٔ حرارت یا افزایش بارندگی سالانه) دو رگه ها ممکن است دارای ترکیبات ژنی باشند که باعث شود آنها نسبت به والدین خود با تغییرات محیطی سازگاری بهتری داشته باشند. اگر دو گونه آمیزش داده شوند، آمیزش برگشتی بین دو رگه ها و والدین ممکن است اتّفاق بیفتد. اگر آمیزش برگشتی تکرار شود، بعضی صفات والدین سرانجام محو شده و ترکیبات جدید ژنها در زاده ها که سازگاری بهتری با محیط دارند مانند گزینش طبیعی تقویت شوند. والدین و دو رگها ممکن است همچنین به طرق دیگری نیز تکامل یابند.

پلی پلوئیدی، گاه در طبیعت رخ می دهد، و آن هنگامی است که در تقسیم میتوز دیوارهٔ سلّولی جدید بین دو سلّول دختر با وجود این که کروموزومها تقسیم می شوند تشکیل نشود.

همان طور که در طیّ بحث خود در اصلاح نباتات مشاهده کردیم این حالت می تواند در سلّولی با دو برابر عدد کروموزومی اولیّه حاصل شود. اگر بعد از تشکیل چنین سلّولی تقسیم میتوزی به صورت طبیعی حاصل شود و سلّول مکرّراً تا زمانی که یک موجود زنده کامل حاصل شود تقسیم گردد، این موجود زنده عدد کروموزومی تمام سلّولهایش دو برابر تعداد اوّلیه خواهد بود. دو رگه های حاصل از آمیزش بین دو گونه غالباً نازا هستند: زیرا کروموزومها در میوز بطور مناسب جفت نمی شوند. ولی اگر در چنین دو رگه ای پلی پلوئیدی رخ می دهد، سری کروموزومهای اضافی در هریک از والدین این شانس را پیدا خواهند کرد که در میوز جفت گیری نمایند، بنابراین، در این صورت نازایی احتمالاً رفع خواهد شد. این نوع از پلی پلوئیدی ظاهراً در گذشته (در اعصار زمین شناسی) به تکرار انجام می شده است و عقیده براین است که بیش از یکصد هزار گونه گیاه گلدار امروزی از این طریق تولید شده اند. دو رگه های نازا همچنین ممکن است به وسیلهٔ روشهای غیر جنسی تولیدمثل کنند. تکثیر غیر جنسی بنام اپومیکسی، تولید دانه های بدون تلقیح را باعث می شود، مشابه حالات دیگر تولیدمثل رویشی که در فصلهای ۴ و ۷ توضیح داده شدند. هنگامی که گونه ها عمدةً از طریق اپومیکسی تولیدمثل می کنند، گاهی از طریق دو رگه گیری نیز تولیدمثل می کنند در این صورت گاهی ترکیب جدیدی از ژنها تولید می شود. این گونه ها در طبیعت بسیار موفّق هستند. برای مثال گل قاصد و تمشک وحشی از طریق اپومیکسی و همچنین از طرق دیگر تولید مثل می کنند و بنابراین در عداد موفّقترین گیاهان شناخته شده قرار می گیرند.

جدایی تولید مثلی

اگر ژنهای جدید در یک جمعیّت *خود لقاح* تولید شوند، آنها بتدریج در سراسر جمعیّت پراکنده شده و طبیعت جمعیت به مرور تغییر می کند. ولی اگر موانعی باعث تقسیم جمعیت شوند، دو جمعیت جدید سرانجام ممکن است از یکدیگر متمایز شوند. گاهی این اتّفاق در زمانهای کوتاهی رخ می دهد. سفرنامه های کشتیهای بادبانی پرتغالی مربوط به بیش از ۶۰۰ سال قبل، نشان می دهد که به دلایل ناشناخته ای بعضی از خرگوشهای پرتغالی در یک سفر دریایی به جزایر قناری برده و رها شده اند. هنگامی که زیست شناسان قرن بیستم نسل جزیره ای این خرگوش را مطالعه کردند که اجداد آنها در پرتغال

طیّ روز چرا می کرده اند متوجّه شدند که آنها کوچکتر از اجداد قارّه‌ای خود بوده، شبانه چرا می کنند و چشمهای درشت تری دارند. علاوه براین تلاشهای مربوط به اصلاح نژاد آنها به اجداد اروپایی خود موفقیت آمیز نبود، زیرا در مدت نسبتاً کوتاه ۶۰۰ سال یک گونهٔ جدید خرگوش به وجود آمده بود. چگونه دو جمعیت از موجود زنده که ابتدا مخازن ژنی مشابهی داشته اند می تواند مخازن ژنی آنچنان متفاوتی داشته باشند که قادر به تولید مثل با یکدیگر نشوند؟

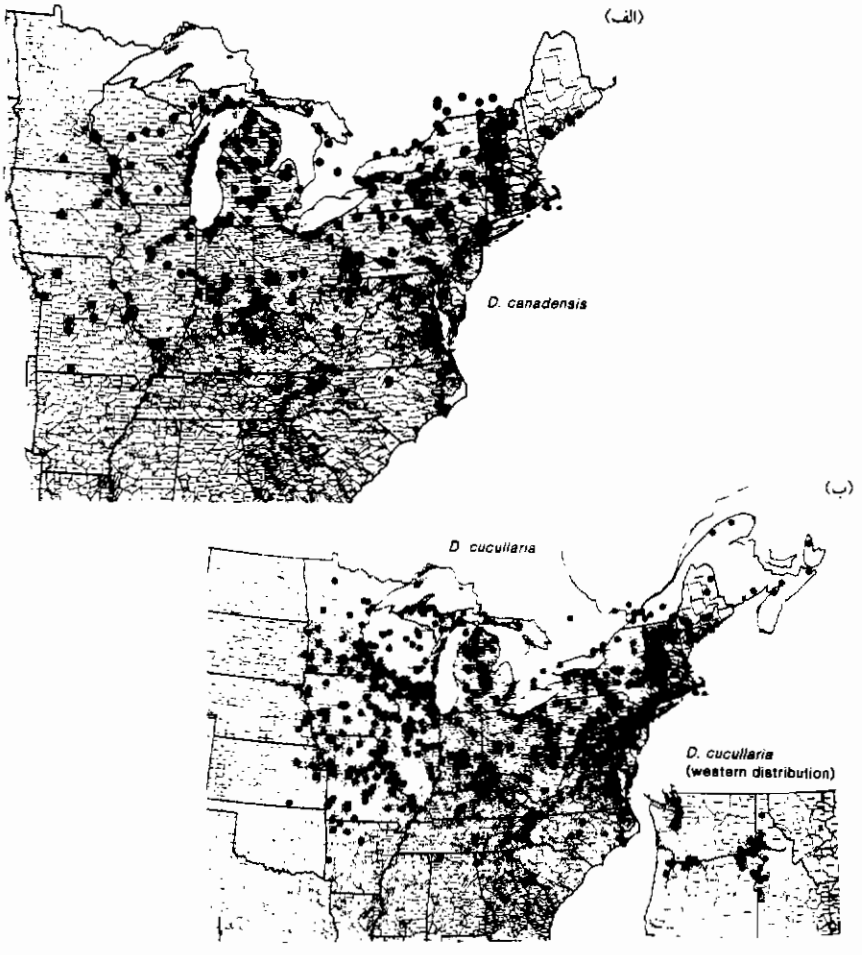
جدایی جغرافیایی دو جمعیت از یکدیگر، از تبادل ژنها بین دو جمعیت جلوگیری می کند و پس از آن جهشهای تصادفی که بندرت شبیه به هم هستند در سرتاسر تنها جمعیّتی که در آن رخ می دهند منتشر می شوند. پس از زمانی تغییرات ژنتیکی به قدری زیاد می شوند که اگر جدایی جمعیتها از بین برود، تبادل ژنی بین دو جمعیّت هرگز نمی تواند رخ دهد. در ایالات متحدّه دو گونهٔ نزدیک از درختان کوچک یا در خته ها بنام درخت ارغوان وجود دارد که خیلی شبیه یکدیگرند. ارغوان شرقی در حاشیهٔ رودخانه ها و اکثراً در شرق رودخانهٔ می سی سی پی مرز کانادا و فلوریدا می روید. ارغوان غربی، بومی کالیفرنیا، یوتا، نوادا و آریزوناست. دوگونه را می توان بطور مصنوعی دو رگه گیری کرد، ولی هرکدام، بازیستگاه طبیعی خود به حدّی سازش پیدا کرده است که نمونه های هرکدام از دو جمعیّت اگر به زیستگاه طبیعی دیگری منتقل شود بزودی از بین می رود.

چندین عامل دیگر در تشکیل گونه های جدید از جمعیّتهای با جدایی جغرافیایی ولی جد مشترك شرکت دارند. هنگامی که ابتدا جدایی صورت می گیرد بسیار بعید است که هردو جمعیت دارای ژنهایی باشند که از هر لحاظ شبیه به هم هستند. یک جمعیّت کوچک فقط درصد کمی از اختلافات ژنتیکی را با جمعیّت اوّلیه خواهد داشت. به علاوه جمعیّتهای با جدایی جغرافیایی در معرض فشارهای گزینشی مربوط به تغییرات نامحسوس تا آشکار فراوانی در محیط زیست قرار می گیرند. برای مثال، خرگوشهای جزایر قناری در ابتدا بطور احتمالی دریافتند که مشکل است در روز برای یافتن غذا با جانوران دیگر رقابت کنند، و از آن جایی که جهشهایی برای بهبود بینایی در شب به وقوع پیوست. خرگوشها دارای ژنهایی شدند که به آنها امکان حیات می داد، در حالی که بدون این ژنها از بین می رفتند.

جدایی که منجر به ایجاد گونه های جدید می شود منحصر به موانع فیزیکی مانند کوهها یا اقیانوسها نمی شود، خاکها نیز ممکن است نقش ایفا کنند، یا شکلی جهش یافته درون یک جمعیّت ممکن است در زمان متفاوتی گل دهد که مانع تبادل ژنها بین این گیاه و اشکال جهش نیافته شود. در جنگلهای برگ ریز معتدلهٔ شمال شرقی آمریکا و در حاشیهٔ رودخانهٔ کلمبیا در شمال غرب اقیانوس آرام، جمعیّتهای زیادی از شاه ترّهٔ گل ده بهاره وجود دارد (فصل ۱۵). این گیاهان دارای برگهای ظریف و تقسیم شده که غالباً از برگهای گونهٔ نزدیک و در مجاور آن می رویند غیر قابل تشخیص هستند (شکل ۱-۱۵). رقابت زیاد باعث می شود که این گیاهان بسیار شبیه یکدیگر باشند بطوری که گیاه شناسان اوّلیه و افراد غیر متخصّص می پنداشتند که آنها یک گونه هستند. لیکن عقیده براین است که در دورانهای گذشتهٔ زمین شناسی یک جهش رخ داده که باعث شده بعضی گیاهان بعد از آن که گیاهان دیگر تولید دانه کنند شروع به گل دهی کنند. در نتیجهٔ آن یک گروه از نظر تولید مثلی از گروه دیگر جدا شدند (شکل ۳-۱۴). در موقع خود جهشهای دیگر نیز روی شکل و عطر گل، روی شکل و محتویات رنگدانه پیازچه های زیرزمینی رخ داد ولی در عین حال همان زیستگاههای قبلی را اشغال می کنند. خلاصه، این که اکنون ما دو گونهٔ بسیار نزدیک ولی مشخّص داریم که کنار هم رشد می کنند ولی نمی توانند باهم تولید مثل کنند زیرا امکان آن نیست.

دیگر مکانیسمهای جدایی، ممکن است مکانیکی باشند. برای مثال در ارکیده ها دانهٔ گرده معمولاً در کیسه های کوچکی بنام پولینی (شکل ۱۶-۱۲) تولید می شوند که به سر یا بدن حشرات می چسبند. اگر گرده افشانی اتّفاق بیفتد، پولینیها بایستی به درون کلاله مقعّر وارد شوند. ساختمان ارکیدهٔ طوری است که بسیار بعید به نظر می رسد که یک پولینی از یک گونه بتواند وارد کلالهٔ گونهٔ دیگر بشود. در نتیجهٔ، بسیاری از گونه های ارکیده متعلّق به یک زیستگاه بدون این که تبادل ژن انجام دهند کنار هم زیست می کنند. در حقیقت چهار گونهٔ همبوم نزدیک از ارکیده کاتاستوم پرویی که بسادگی بطور مصنوعی می توانند رگه گیری بشوند فاقد دو رگه های طبیعی شناخته شده هستند، علی رغم این که به وسیلهٔ یک نوع زنبور گرده افشانی می شوند. مطالعات میکروسکپی روی گرده افشان نشان می دهد که پولینی یک گونه به سر حشره، دیگری به پشت حشره، سوّمی به شکم حشره، و چهارمی فقط به پای چپ جلویی حشره می چسبند و حتّی بعد از برخورد با

صدها گل دیگر هیچ کدام از پولینیها جای خود را از دست نمی‌دهند. ولی حتّی اگر گردهٔ یک گونه در بالا یا داخل یک کلالهٔ دیگر گذاشته شود به دنبال آن، لقاح صورت نمی گیرد زیرا از رسیدن اسپرم به تخم زا بطور شیمیایی یا مکانیکی ممانعت می شود. دیگر مکانیسمهای جدایی شامل ناتوایی دو رگه ها برای ادامهٔ حیات یا تولید مثل و درماندگی جنین برای رشد و نموّ می باشد.



شکل ۳-۱۴ توزیع دوگونهٔ شاه‌ترّه. الف ـ توزیع Dicentra canadensis . ب ـ توزیع D.cucullaria

سرعت تکامل

داروین عقیده داشت که تکامل ناشی از گزینش طبیعی یک فرایند کند و تدریجی است. ولی تعدادی زیست شناسان معاصر موافق نظریه های نقطه تعادل هستند به این معنی که تغییرا ت تکاملی زیادی در مدّت کوتاهی احتمالاً درصد هزار سال یا کمتر رخ داده است لیکن پس از آن شاید پس از گذشت میلیونها سال تغییرات ناچیزی به وقوع پیوسته است. آنها نظریه های خود را بر اساس یافته های فسیلی بنا نهاده اند که زنجیره های ارتباطی گم شده فراوانی دارند. اگرچه گاهی زنجیره های ارتباطی گم شده کشف می شوند لیکن یافته ها کمتر نظریه تغییرات طویل المدت و تدریجی داروین را تأیید می کنند. اگرچه پذیرفته شده است تعداد یافته ها از یک در میلیون هم کمتر است. دیگران با نظریّه های تکامل سریع مخالفند و استدلال می کنند درصد ناچیزی که از فسیلها به دست می آید و آن هم معمولاً بخشهای خاصّ و سختی استخوانها و دندانهاست. این شواهد برای تایید تکامل سریع یا تدریجی کافی نمی باشد. بطوری که در فصل ۲۰ نشان داده شد شرایط لازم برای این که یک موجود زنده فسیل شود خیلی اختصاصی است و رخ داد آن محدود است و احتمالاً در گذشته نیز چنین بوده است لذا پیداشدن تعداد زیادی از رشته های مفقود شده بعید به نظر می رسد. طرفداران تکامل سریع، توضیح می دهند که در شرایط تغییرات آب و هوایی و یا دیگر موقعیتّها، فشار گزینشی شدیدی روی اشکالی از حیات با جهشهای سازشی اعمال شده است لذا گونه های جدیدی از موجودات می توانسته اند در کمتر از ۱۰۰ نسل به وجود آمده باشند، که این خود، زمانی را در حدود ۱۰۰ هزار سال لازم داشته است. از آنجایی که اثبات یا ردّ نظریه های مختلف از نظر تجربی غیرممکن است، بدون شک بحث و منازعه برروی سرعت تکامل ادامه خواهد داشت. تا زمانی که شواهد جدیدی بطور قانع کننده ای یکی نظریه ها را بیش از دیگری حمایت کند.

بحث

شواهد در جهت حمایت از تکامل از چندین محدوده نظیر شکل و اکولوژی موجودات زنده و نحوهٔ ارتباط امروزه آنها با یکدیگر حاصل می شود. شواهد دیگر از ساختار و نزدیکی پروتئینها و ملکولهای دیگر و از فسیلها که بقایای اشکال زندهٔ گذشته می باشند به دست می آیند (شکل ۴-۱۴). ساده ترین فسیلها معمولاً در طبقات زمین شناسی قدیمیتر وجود دارند. در حالی که اشکال پیچیده تر در طبقات جدیدتر یافت می شوند. حتّی مدارك بیشتری در ارتباط

با پراکنش جغرافیایی موجودات زنده به دست می آید (شکل ۳-۱۴). بسیاری از گروههای موجودات، به قارّه یا جزیرهٔ خاصّی محدود می شوند. اگر نمونه هایی از موجودات مشابه روی بیشتر از یک پیکره خشکی یافت شوند دلالت براین دارد که این خشکیها زمانی به یکدیگر پیوسته بوده اند که مهاجرتهای زمینی را امکان پذیر می نموده است. حتّی مدارك بیشتری از نظر فیزیولوژیکی و شیمیایی و در جانوران خصوصاً از اندامهای باقی مانده (ساختمانهایی که ظاهراً اکنون غیر فعّال هستند ولی احتمالاً در گونه های گذشته اندامهای فعّالی بوده اند) به دست آمده است. در میان شناخته شده ترین این اندامها در انسان دندانهای عقل و آپاندیس می باشد.

اگرچه شواهد فسیلی برای تکامل چند موجود زنده نظیر نرم تنان خاص و اسبها تا اندازه ای با ارزش است لیکن دیگر شواهد فسیلی خیلی ناقص پراکنده هستند. بطوری که در بخش قبلی توجّه شد. احتمالاً کمتر از یک در میلیون موجودات زنده ای که زمانی وجود داشته اند فسیل شده اند حتّی ممکن است هیچ گونه فسیلی در مورد بسیاری از نرم تنان و علف خوران وجود نداشته باشد. با چنین مدارکی دانشمندان، تنها با احتمالات و حدسیات سروکار دارند. بدیهی است که گاهی تفاسیر گوناگون و گاه ضدّ و نقیضی می شود.

شکل ۴-۱۴ فسیل یك سرخس

خلاصه

۱. فرضیهٔ تکامل آلی، بیشترین نیروی محرّکهٔ خود را از کتاب «منشأ گونه های» داروین به دست آورده است.

۲. فرضیهٔ داروین بر پایهٔ ۴ اصل یا الگو استوار است: (۱) زایش مندی پرتوان (بسیاری از موجودات زنده تعداد زیادی اولاد ایجاد می کنند)؛ (۲) تنازع برای بقا (تمام موجودات زنده برای دست رسی به موادّ غذایی و غیره رقابت می کنند، ولی موادّ غذایی برای همه کافی نیست و در نتیجه عدّه ای می میرند)؛ (۳) تغییر و توارث (تغییرات وراثتی با توان حیاتی، از نسلی به نسل دیگر به ارث می رسند و به مرور زمان زیاد می شوند در حالی که تغییرات دیگر از بین می روند)؛ (۴) بقا و تولید مثل مناسبترین فرد (موجودات زنده ای که بهترین سازش را با محیط پیدا کرده اند بیشترین شانس را برای ادامهٔ حیات دارند).

۳. قبل از سال ۱۹۰۰ بسیاری از زیست شناسان عقیده داشتند که تکامل از طریق توارث صفات مکتسبه به وجود می آید. لامارك براین باور بود که زرّافه ها گردن خود را به وسیلهٔ دراز کردن دایمی آن برای رسیدن به غذا به ارث برده اند. به این صورت که کشیده شدن گردن به مقدار کم در هر نسل و انتقال آن به نسلهای بعد رخ داده تا زمانی که کشیدنهای کوچک رفته رفته در نسلهای متعدّد جمع شده و به گردن دراز امروزی تبدیل شده است. این نظریّه به صورت آزمایشی با کوتاه کردن دم موشها برای چندین نسل و به وسیلهٔ هرس کردن درختان رد شد. هیچ کدام از صفات اکتسابی به نسل بعد انتقال نیافتند.

۴. مکانیسمهای تکامل شامل جهش در کروموزومها و ژنها، دو رگه گیری (خصوصاً آمیزش برگشتی دو رگه ها با والدین در یک جمعیت طبیعی)، پلی پلوئیدی (خصوصاً داشتن سریهای اضافی از کروموزومها به عنوان نتیجه ای از ناتوانی سلّول در تشکیل دیواره در تقسیم میتوز و گسترش سلّول جدید به صورت موجود زنده، موجوداتی که از دورگه های نازا تولید می شوند خیلی با اهمیّت هستند)؛ اپومیکسی (تولید مثل غیرجنسی)، و جدایی تولید مثلی می باشد.

۵. اگر ژنهای جدیدی در جمعیّتی که بطور آزاد خود لقاح است تولید شوند، آنها تدریجاً در سراسر جمعیت پخش می شوند و لذا طبیعت کل جمعیّت به مرور زمان تغییر خواهد کرد. ولی اگر جمعیّتی به وسیلهٔ سدّی نظیر کوهستان یا اقیانوس تقسیم شود ژنهایی که در یکی از این جمعیّتهای کوچکتر به وجود می آید مانند قبل در سراسر جمعیّت پخش نمی شود. بنابراین، به مرور زمان به علّت جدایی هر جمعیّت گونه های مجزّایی را تولید می کنند که قادر نخواهند بود باهم آمیزش آزاد بنمایند.

۶. داروین عقیده داشت که تکامل از طریق گزینش طبیعی، فرایندی است تدریجی که در دورانهای طولانی به وقوع پیوسته است. بعضی زیست شناسان معاصر بر پایهٔ شواهد فسیلی براین باورند که تکامل در نتیجه جهشهای ناگهانی در میان دورانهای طولانی حاصل شده است. به هرحال، تفسیر یافته های فسیلی بحث انگیز است، واین بحثها تا زمانهای نامحدودی در آینده ادامه خواهد داشت.

۷. مدارك دیگری که مورد تکامل را حمایت می کند شامل شکل، اکولوژی و خویشاوندی موجودات زنده، ساختمان مولکولی، پراکنش جغرافیایی، فسیلها، و اندامهای باقی مانده (ساختمانهایی که اکنون غیر فعّال هستند ولی ظاهراً قبلاً در پیشینیان فعّال بوده اند) می باشد.

۸. بیشتر دانشمندان احساس می کنند بعضی اشکال تکامل، تنها توضیحی است برای پیوستگی حیات در سطح سلّولی و ملکول و تنوّع زیاد آن در سطح موجودیّت. لیکن بین آنها اتّفاق نظر کمی در مورد این که تکامل دقیقاً چگونه در گذشته صورت گرفته وجود دارد. بخشی از این اختلاف نظرها، به نارسایی یافته های فسیلی بر می گردد که ناقصند زیرا تعداد بسیار کمی از موجودات زنده بطور مناسبی فسیل شده اند و حقیقت این است که آزمایشات علمی در رابطه با تاریخ، عملی نیست.

پرسشهای یادآوری

۱. فرق بین تکامل آلی و اشکال دیگر تکامل چیست؟

۲. به چه علّت یک موجود دورگه غالباً نازاست؟

۳. معنی مکانیسم تکاملی چیست؟

۴. چرا جدایی تولید مثلی برای وقوع تکامل لازم است؟

۵. چه مشکلاتی در رابطه با نظریه های جدید تکاملی وجود دارد؟

پرسشهای تشریحی

۱. یکی از اصول داروین این بود که در میان موجودات زنده تنازعی برای بقا وجود دارد، آیا گیاهان نیز برای ادامهٔ حیات تلاش می کنند؟ اگر چنین است این عمل چگونه انجام می شود؟

۲. شکل بعضی جمعیتها بطور قابل توجّهی در مدّت صدسال تغییر می کند . اگر تنها یک ژن در هر ۲۰۰۰۰۰ ژن در سلّول جهش یابد و اگر غالب جهشها مضر باشند، چگونه چنین تغییری ممکن است؟

۳. آیا شما فکر می کنید یک حالت قابل قبول دیگری بجز تکامل آلی بتواند تنوّع حیات اطراف ما را توجیه نماید؟

منابع اضافی

Avers, C. J. 1989. *Process and pattern in evolution.* Fairlawn, NY: Oxford University Press.

Ayala, F. J. 1983. *Genetic variation and evolution.* Carolina Biology Readers, Head, J. J., ed. Burlington, NC: Carolina Biological Supply Company.

Baltscheffsky, H., et al., eds. 1987. *Molecular evolution of life.* New York: Cambridge University Press.

Darwin, C. 1975. *On the origin of species.* Facsimile 1st ed. of 1859. New York: Cambridge University Press.

Grant, V. 1987. *The evolutionary process: a critical review of evolutionary theory.* New York: Columbia University Press.

Kerkut, G. A. 1960. *Implications of evolution.* Oxford and New York: Pergamon Press.

Stebbins, G. L. 1977. *Processes of organic evolution,* 3d ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Stone, E. M., and R. J. Schwartz. 1989. *Intervening sequences in evolution and development.* New York: Oxford University Press.

فصل پانزدهم ـ اسامی و رده بندی گیاهان

رؤوس مطالب

برخی اهداف فراگیری
نظر اجمالی
مقدّمه
توسعه سیستم نام گذاری دونامی
توسعه مفهوم سلسله
طبقه بندی گروههای اصلی
کلید شناسایی گروههای اصلی موجودات زنده (خاص سلسلهٔ جانوران)
خلاصه
پرسشهای یادآوری
پرسشهای تشریحی
منابع اضافی

سکی ولای ساحلی یا ناپاکا "naupaka" (Scaevola taccada) گیاه بومی سواحل گرم حاشیهٔ اقیانوس آرام.

فصل پانزدهم

اسامی و رده بندی گیاهان

برخی اهداف فراگیری

۱ - پی بردن به بعضی مشکلات که در ارتباط با نامهای عام موجودات زنده وجود دارد.

۲- شناخت سیستم نام گذاری دو نامی و نحوهٔ تشکیل آن و نحوهٔ استفادهٔ امروزی ازآن.

۳- فراگیری چندین دلیل برای شناخت بیش از ۲ سلسله از موجودات زنده.

۴- درك اساس سیستم ۵ سلسله ای ویتاکر.

۵- تهیّهٔ کلید دو انشعابی (دو چنگالی) برای ده شیٔ مختلف (مانند مداد، توپ گلف، مداد رنگی، بادبادك، و ساعت و غیره).

نظر اجمالی

این فصل با توضیحی از مشکلاتی که هنگام استفاده از نامهای عام گیاهان وجود دارد شروع می شود. این مسأله به وسیلهٔ بررسی نامهای دو گونهٔ نزدیک در مورد گیاهان گلدار بهارهٔ آمریکایی تشریح می شود؛ و در خصوص مختصری از تاریخچه و عواملی که منجر به ایجاد و توسعهٔ سیستم دو نامی لینه گشت ادامه می یابد. در کنار آن تاریخچه تشکیل طبقه بندی

۵ سلسله ای مطرح شده به همراه فهرستی از شاخه ها و ردّه های سلسله های داده شده متن کتاب. فصل با کلید شناسایی سلسله ها و شاخه های موجودات زنده پایان می یابد.

مقدّمه

بعضی اوقات، زیست شناسان توسّط مردم عادی داناتر تلقّی می شوند وقتی که بادام زمینی را *Arachis hypogaea* و یا پرندهٔ هُدهُد آفریقایی را *Upupa epops* می نامند، ولی آنها قصد ندارند تظاهر کنند و یا کار را مشکل نمایند، بلکه آنها سعی دارند از طریق سیستمی که قرنها رواج یافته موجودات زنده را شناسایی کنند. شرایط چنین است که بایستی حدود ۱۰ میلیون نوع موجود زنده به علاوهٔ آنهایی که از بین رفته اند تشخیص داده شوند تا بتوان در هر محلّی و یا هر زبان بومی آنها را شناسایی نمود.

در حال حاضر کلّیهٔ موجودات زنده دارای یک نام علمی دوبخشی لاتین می باشند ولی بیشتر آنها دارای نامهای عامی (متداول) نیز هستند. برای هر موجود زنده، صرف نظر از این که کجا ممکن است باشد. تنها یک نام علمی گذاشته می شود در حالی که تعدادی از موجودات مشابه ممکن است چندین نام متداول داشته باشند و یا یک نام متداول به چندین موجود زندهٔ مختلف داده شود.

برای مثال، نام علمی *Dicentra cucullaria* به گیاه گلدار بهاره زیبای بومی شمال شرق آمریکا و رودخانهٔ کلمبیایی غرب داده شده است (نقشهٔ پراکنش جغرافیایی شکل ۳-۱۴). گلهایی منحصر به فرد آن، یادآور شلوار کیسه مانند هلندی است و از این رو نام متداول هلندی آن **شلوار هندی** می باشد. همچنین نامهای دیگری نظیر شلوار پسر بچّه ها، شلوار بچّه گربه، گل شلواری، پسرها و دخترها، پسرها و دخترهای سرخ پوست، کلاه شیپوری، گوشوارهٔ سفید، کلاه سربازها، گل آبی کوچک، قلب سفید، بال پروانه، ریشهٔ برنج و زنگ چمنزار، به این گیاه داده شده است. علاوه بر این، گیاه دارای نامهای متداول انگلیسی، سرخ پوستی، و همچنین در ایالت کبک کانادا دارای نامهای متداول فرانسوی نیز می باشد.

غالباً در کنار گل *D. cucllaria* گیاهی با برگهای مشابه ولی گلهای اندکی متفاوت با نام علمی *D. canadensis* می روید. به علّت شباهت بین دو گیاه و ارتباط نزدیکشان در محلهایی که می رویند، بعضی افراد در گذشته عقیده داشتند که آنها صرفاً دو شکل متفاوت از یک گیاه

می باشند . این موضوع باعث شد که تعدادی از نامهای متداول *D.cucullaria* مانند پسرها و دخترهای سرخ پوست، گل کوچک آبی، برروی گیاه *D.canadensis* شکل ۱-۱۵ گذاشته شود. و به علاوه نامهای دیگری چون ذرّت سنجاب، ذرّت بوقلمون ، نخود بوقلمون، سنبل وحشی و گل لرزان ، برروی آن گذاشته. ولی مشکل تنوّع و تداخل نامهای متداول برای این دوگیاه به همین جا خاتمه پیدا نمی کند چون نامهای کلاه شیپوری، کلاه سرباز، ریشهٔ برنج، زنگ چمنزار و ذرّت بوقلمون، برای گیاهانی کاملاً متفاوت نیز به کار می رود.

(الف) (ب)

شکل ۱- ۱۵ الف ـ گیاه (Dicentra cucullaria) . ب ـ Dicentra canadensis.

در اروپا بازبانهای متفاوتش، اسامی متداول بسیار زیاد است . برای مثال گیاهی با گسترش فراوان با نام علی (Plantage major) که در انگلستان غالباً بارهنگ برگ پهن نامیده می شود ولی همچنین دارای ۴۵ نام انگلیسی دیگر، ۱۱ نام فرانسوی، ۷۵ نام هلندی، ۱۰۶ نام آلمانی و چند صد نام دیگر در زبانهای مختلف است و از طرفی چندین نام آن برای گیاهان مختلف دیگر نیز به کار می رود. اگر برای تشخیص به موقع زیست شناسان و نیاز مبرم همگانی برای یک سیستم نام گذاری یکنواخت و همگانی نبود شکّی نیست با مشکلات و نا بسامانیهای زیادی روبرو بودیم.

توسعهٔ سیستم طبقه بندی دو نامی

بطوری که در فصل ۱ اشاره شد اوّلین شخصی که اقدام به رده بندی گیاهان نمود تئوفراستوس شاگرد برجستهٔ ارسطو و افلاطون بود. رده بندی او در قرن سوّم قبل از میلاد شامل تقریباً ۵۰۰ گیاه درختی، علفی و بوته ای می شد که صفت ممیزهٔ آنها ویژگی برگهایشان بود و برای صدها سال مورد استفاده بود. تا این که در قرن سیزدهم بعد از میلاد گیاهان براساس ساختمان ساقه شان، به دو لپّه ایها و تک لپّه ایها تقسیم شدند.

بعد از این هربالیستها (گیاهنامه نویسها) گیاهان زیادی را به فهرست تئوفراستوس اضافه کردند. در شروع قرن هیجدهم جزئیات ساختمان میوه و گل علاوه بر ریخت و عادت رشد در طبقه بندی مطرح شد. در این زمان مؤسسات آموزشی اروپا هزاران گیاه را که سیّاحان از سراسر دنیا می آوردند جمع آوری کرده و نابه سامانی بر سر نام علمی و متداول برای آنها افزوده می شد. استفاده از واژه های لاتین برای نام گیاهان و جانوران در مدارس و دانشگاهها همگانی و مرسوم شده بود. تمام موجودات در جنسهای خود گروه بندی می شدند. جنس (Genus) یک واژهٔ لاتین است و موجوداتی که تعلّق به آن دارند در آن قرار می گیرند. برای مثال تمام نعناعها در جنس *Mentha* قرار دارند که با آن شروع می شوند. بطور مشابه باقلاهای مصری متعلّق به جنس *Lupinus* و سپیدارها متعلّق به جنس *Populus* هستند. یک شرح واژه ای کامل لاتین برای نعناع معمولی به این صورت بود:

Mentha floribus spicatis, foliis oblongis serratis

حدوداً ترجمه آن می شود: «نعناع با گلهای سنبله ای (سنبلهٔ طویل و گلهای متراکم) برگهای کشیدهٔ بیضوی با حاشیهٔ دندانه دار». یک جمله برای گونهٔ نزدیک آن Peppermint چنین خوانده می شد.

Mentha floribus capitatus, foliis lanceolatis serratis suppetiolatis.

به این معنی: «نعناع با گلهای کلاپرك، برگهای نیزه ای و دندانه دار با دم برگ کوتاه».

در این مرحله گیاه شناسی سوئدی بنام کارولوس لِنوس (Carolus Linnaeus) (۱۷۰۷-۱۷۷۸) شروع به اصلاح نام گذاری و طبقه بندی موجودات زنده کرد و سیستمی را بنیان گذاشت که تاکنون دوام آورده است. در حقیقت، از سیستم لینه اکنون در سراسر دنیا استفاده می شود.

لینه در مدرسه به *گیاه شناس کوچولو* معروف بود. اشتیاق او نسبت به گیاهان از

پدرش که یک وزیر و همچنین یک باغبان غیر حرفه ای بود به ارث برده شده بود. او در سنّ چهار سالگی تحت تأثیر صحبتهای پدرش قرار گرفت که راجع به کاربرد گیاهان در منطقهٔ مجاور و همسایهٔ آنها صحبت می کرد. این منطقه که راشولت (Rashult) نام داشت در غرب سوئد واقع شده بود. بعد از مدّت کوتاهی که بورسیه در دانشگاه لوند (Lund) بود، بیشتر اوقات خود را به گردش علمی در هلند، فرانسه، و آلمان می گذراند. سرانجام او پروفسور گیاه شناس و پزشک در اوپسالا (Uppsala) شد. او در آن جا مشوّق تعداد زیادی دانشجو بود که ۲۳ نفر از آنها بعداً پروفسور شدند. گفته شده که لینه مکرراً مسافرتهای علمی به اطراف می کرد در حالی که توسّط یک دستهٔ موزیک همراهی می شد.

وقتی که لینه شروع به کار کرد سعی نمود کلّیهٔ گیاهان و جانوران را براساس جنسها طبقه بندی نماید. در سال ۱۷۵۳ او کتاب ۲ جلدی خود را با عنوان Species plantarum به چاپ رساند که بعداً مهمترین اثر در نام گذاری و طبقه بندی گیاهان شناخته شد. این کتاب، نه تنها فهرستی از کلّیهٔ اسامی و واژه های لاتین که قبلاً به گیاهان داده شده بود داشت بلکه او نامهای گیاهان را که رابطهٔ خویشاوندی باهم داشتند برحسب ضرورت تغییر داد و بسیاری از آنها را به صورت گونهٔ (Species) در یک جنس قرار داد. او هر عبارت لاتین را تا حدّاکثر ۱۲ کلمه محدود کرد و در حاشیهٔ آن عبارت یک کلمهٔ مجزّا آورده شد که هنگامی که با نام جنس ترکیب شود مخفّف ساده ای که معرّف گونه باشد، تشکیل دهد. برای مثال واژهٔ حاشیه ای برای نعناع معمولی spicata و برای نعناع فلفلی نزدیک به آن piperita بود. بنابراین، نام خلاصه شدهٔ نعناع معمولی *Mentha spicata* و برای نعناع فلفلی *Mentha piperata* آورده شد. گرچه لینه در ابتدا نام توصیفی گیاهان را نام رسمی در نظر گرفت ولی سرانجام او و پیروانش نامهای مخفّف شده را جایگزین آنها کردند. به علّت دوبخشی بودن نامها آن را «دونامی» و روش را «*سیستم طبقه بندی دونامی*» نامیدند. امروزه تمام موجودات براین اساس نام گذاری می شوند. همچنین نام شناسایی کننده (که ممکن است مخفّف یا کامل باشد) در انتهای نام قرار می گیرد. بنابراین، به عنوان مثال، نام علمی کامل برای نعناع معمولی اکنون *Mentha spicata L.* نوشته می شود. L حرف اوّل رسم لینه است. نام علمی کامل گل قاصد *Taraxacum officinale Wiggers* ذکر می گردد زیرا ویگرز[1] در کتاب Flora of Holstein (انتشار سال ۱۷۸۰) ابتدا این گونه را معرّفی کرد.

1- Fredericus Henricus Wiggers

علاوه بر ابداع سیستم رده بندی دونامی، لینه، تنها به ایجاد فهرست طویلی از گیاهان قانع نبود. چون به هرحال این چنین فهرستهایی برای شناسایی گیاهان استفادهٔ محدود دارند. لینه تمام گیاهان شناخته شده را به ۲۴ رده تقسیم نمود. این طبقه بندی اساساً بر مبنای تعداد پرچمها (ساختمانهای تولید کنندهٔ دانهٔ گرده) در گل بود. برای مثال، تمام گیاهانی که گلهای دارای ۵ پرچم داشتند در یک رده قرار داده شدند و آنهایی که ۶ پرچم در گل داشتند در ردهٔ دیگری قرار گرفتند. گیاهان و موجودات دیگری که فاقد گل هستند (مانند خزه ها، و قارچها) در ردهٔ خودشان قرار گرفتند. نظام رده بندی لینه برای راحتی بود لیکن به اندازه ای مصنوعی بود که خویشاوندی طبیعی گیاهان را نشان نمی داد. ولی برای اوّلین مرتبه برای کسی که می خواست گیاهی را شناسایی کند ممکن شد. این نظام رده بندی در Species Plantarum و دیگر کتابهای لینه استفاده شد (شکل ۲-۱۵).

124 TETRANDRIA DIGYNIA.

HAMAMELIS.

virginiana. 1. HAMAMELIS, *Gron. virg.* 139. *Cold. nov.* 18. *Cateſb. car.* 3. *p.* 2. *t.* 2.
Trilopus, *Mitch. gen.* 22.
Pillacia virginiana nigra, coryli foliis. *Pluk. alm.* 298.
Habitat in Virginia.

CUSCUTA.

europæa. 1. CUSCUTA floribus ſeſſilibus.
Cuſcuta nuda repens filiformis. *Fl. ſuec.* 138. *Mat med.* 55. *Dalib. pariſ.* 53.
Cuſcuta nuda repens fumiformis. *Sauv. monſp.* 11.
Cuſcuta major. *Bauh. pin.* 219.
Cuſcuta. *Cam. epit.* 984.
epithymum β. Cuſcuta nuda repens filiformis. *Sauv. monſp.* 11.
Epithymum ſ. Cuſcuta minor. *Bauh. pin.* 219.
Habitat in Plantis Europæ *paraſitica.*

americana. 2. CUSCUTA floribus pedunculatis.
Cuſcuta caule aphyllo volubili repente. *Gron. virg.* 18.
Cuſcuta inter majorem & minorem media, filamentis longis & floribus late ſuper arbores & campos ſe extendens, *Sloan. jam.* 85. *hiſt.* 1. *p.* 201. *t.* 128. *f.* 4.
Habitat in Virginia.

HYPECOUM.

procumbens. 1. HYPECOUM ſiliquis arcuatis compreſſis articulatis.
Hort. upſ. 31.
Hypecoum. *Bauh. pin.* 172. *Ded. pempt.* 449. *Hort. cliff.* 38. *Roy. lugdb.* 402.
Habitat inter Archipelagi, Narbonæ & *Salmanticenſes ſegetes.* ☉

pendulum. 2. HYPECOUM ſiliquis cernuis teretibus cylindricis.
Hort. upſ. 31. *Sauv. monſp.* 263.
Hypecoum ſiliquis pendentibus non articulatis bivalvibus incurvis. *Morſ. hiſt.* 2. *p.* 280.
Cuminum ſylveſtre ſiliquatum ponæ. *Dalech. hiſt.* 698.
Habitat in Galloprovincia ☉

erectum. 3. HYPECOUM ſiliquis erectis teretibus torulosis. *Hort. upſ.* 32.
Hypecoum tenuifolium, ſiliquis erectis teretibus. *Amm. ruth.* 55. *t.* 9.
Habitat in Dauria.

TRI.

شکل ۲-۱۵ شکل یك صفحه از کتاب Species Plantarum لینه.

در سال ۱۸۶۷ میلادی بیش از صدسال پس از انتشار Species Plantarum حدود ۱۵۰ گیاه شناس اروپایی و آمریکایی در پاریس اجتماع نمودند و کوشش کردند تا قوانین استاندارد شده ای را برای نام گذاری و رده بندی گیاهان تعیین نمایند. آنها موافقت کردند که سیستم نام گذاری دو نامی لینه نقطهٔ شروعی برای نامهای علمی گیاهان باشد و تصمیم گرفته شد که سیستم دونامی و همچنین سیستمهایی که بعد از این سیستم انتشار یافته بر سیستمهای قبلی ترجیح داده شود. از آن به بعد در زمانهای مختلف کنگرهٔ بین المللی گیاه شناسان ملاقات نموده و قوانین را بسط داده و یا تجدید نظر می نمایند. امروزه قوانین اصلاح شده به عنوان *کُد بین المللی نام گذاری گیاه شناسی* شناخته شده و در کتابی به زبانهای انگلیسی، فرانسوی، و آلمانی اندکس و چاپ می شود. اکنون کتاب Species Plantarum لینه به عنوان نقطهٔ شروع برای نامهای علمی پذیرفته شده است همچنین نام گذاریها و طبقه بندیهایی که بعد از آن به وسیلهٔ گیاه شناسان ملیّتهای مختلف ارائه شده تشریح می نماید. کُد مشابهی به وسیلهٔ جانورشناسان برای جانوران پایه گذاری شده و توسعه یافته لیکن شروع آن نیز مبنای کار لینه در نام گذاری علمی است.

توسعهٔ مفهومی سلسله

اگر شما از یک شخص معمولی می پرسیدید که فرق بین گیاهان و جانوران چیست، به شما احتمالاً جواب داده می شد که گیاهان ثابت هستند در حالی که جانوران حرکت می کنند، همچنین جانوران، گیاهان یا جانوران دیگر را برای غذا مصرف می کنند، در حالی که گیاهان، خود قادر به ساخت مواد غذایی از طریق فتوسنتز می باشند. تمایز بین گیاهان و جانوران شاید چیزی است که همیشه در فکر افراد عاقل خطور می کند و این طبیعی به نظر می رسید که در آغاز تمام موجودات زنده به دو سلسله یعنی سلسله گیاهان و سلسله جانوران تقسیم شوند. در حالی که این تقسیم بندی هنوز بخوبی برای موجودات پیشرفته و پیچیده تر قابل استفاده است لیکن برای موجودات ساده تر دچار نقص می شود. به عنوان مثال، بیش از ۳۰۰ گونهٔ موجود تک سلّولی بنام اوگلنا وجود دارند (شکل ۶-۱۷) که در آبهای شیرین مختلف زندگی می نمایند. این موجودات کوچک دارای تاژك هستند (فصل ۱۷) که باعث حرکت آنها در آب می شود

و همچنین آنها موادّ غذایی را از طریق شکافی بنام مری می بلعند. این ویژگیها اوگلنوییدها را مشابه جانوران می کند. بنابراین، در بعضی از کتب نیز جزو جانوران محسوب می شوند. ولی بسیاری از همین موجودات همچنین دارای کلروپلاست هستند و در حضور نور از طریق فتوسنتز موادّ غذایی لازم را برای گوارش می سازند. به همین دلیل در کتب گیاه شناسی به عنوان گیاه معرفی می شوند. مشکل مشابهی در مورد کپکهای مخاطی وجود دارد که شبیه توده های پروتوپلاسمی هستند که بسادگی برسطح بقایای آلی و برگهای پوسیده جاری می شوند و می خزند و هنگام حرکت، باکتریها و موجودات دیگر را مورد تغذیه قرار می دهند و لذا شبیه آمیب عمل می نمایند. به همین دلیل، گیاه شناسان و جانور شناسان ازنظر سنتی آنها را جانور تلقّی نموده اند. هنگامی که کپکهای لزج تولید مثل می کنند تغییراتی در آنها اتّفاق می افتد. باین صورت که آنها از حرکت باز ایستاده و تولید ساختمانهای تولید مثلی شبیه قارچ را می کنند و همین باعث شده است که آنها را جزو قارچها در نظر بگیرند.

برای جلوگیری از چنین مشکلاتی، دو زیست شناس بناسهای هاگ[1] و هکل[2] در سال ۱۸۶۰ سلسلهٔ سوّمی را پیشنهاد کردند. تمام موجودات که ساختمانهای پیچیده ای تولید نمی کنند (مانند جلبکها، قارچها و اسفنجها) در سلسلهٔ پروتوکتیستا (Protoctista) یا پروتیستا (Protista) قرار داده شدند. ولی این سلسله سوّم به قدری انواع مختلف موجودات را شامل می شد که در سال ۱۹۳۸ زیست شناس دیگری بنام کوپلند[3] پیشنهاد تقسیم آن را نمود. او نام مونرا (Monera)را برای پروتیستهای تک سلّولی پروکاریوتیکی (فصول ۳ و ۱۶) پیشنهاد کرد؛ و بدین صورت بقیّهٔ موجودات مانند جلبکها، قارچها، و تک سلّولیهای پروکاریوتیکی در همان سلسلهٔ پروتوکتیستا به جای گذاشته شدند. گرچه بسیاری از زیست شناسان سیستم رده بندی ۴سلسله ای کوپلند را به عنوان یک پیشرفت قطعی دانستند لیکن اشکالاتی نیز در برداشت بخصوص این که در پروتیستا تفاوت اساسی در روشهای تغذیه ای وجود دارد در نتیجه، بیشتر زیست شناسان امروز، تقسیم بندی ۵ سلسله ای را که به وسیلهٔ وتیاکر[4] در سال ۱۹۶۹ پیشنهاد گردید، می پذیرند (جدول ۱-۱۵). در سیستم وتیاکر، سه سلسله موجودات پیشرفته و پیچیده براساس

1- J. Hogg
2- Ernst Haeckel
3- Herbert F-Copeland
4- R.H. Whittaker

فرم تغذیه شان (فتوسنتز، بلع غذای جامد، جذب غذا به صورت محلول) که تفاوت بارز دارند متمایز می شوند، همچنین دو سلسلهٔ پروتیستا که براساس اختلاف ساختمان سلّولی متمایزند.

جدول ۱-۱۵ طبقه‌بندی موجودات به چهار طریق در سطح سلسله

ویژگیهای کلی موجودات	پنج سلسله‌ای (ویتاکر)	چهار سلسله‌ای (کوپلند)	سه سلسله‌ای (هاگ و هکل)	دو سلسله‌ای (سنتی)
سلّولها با هسته های ابتدایی (پروکاریوتیک)	مونرا باکتریها	مونرا باکتریها		
سلّولها با هسته های حقیقی (اوکاریوتیک)	پروتیستا جلبکها پرونوزواها اسفنجها	پروتیستا جلبکها کپکهای مخاطی قارچهای تاژکدار قارچهای حقیقی پروتوزواها اسفنجها	پروتیستا باکتریها جلبکها کپکهای مخاطی قارچهای تاژکدار قارچهای حقیقی پرتوزواها اسفنجها	
غذا را معمولاً به صورت محلول جذب می نمایند	قارچها کپکهای مخاطی قارچهای تاژکدار قارچهای حقیقی			
غذا را ازطریق فتوسنتز تولید می نمایند	گیاهان خزه‌ها گیاهان آوندی	گیاهان خزه‌ها گیاهان آوندی	گیاهان خزه‌ها گیاهان آوندی	گیاهان باکتریها جلبکها کپکهای مخاطی قارچهای تاژکدار قارچهای حقیقی خزه‌ها گیاهان آوندی
غذا را به صورت جامد مصرف می نمایند	جانوران جانوران پر سلّولی	جانوران جانوران پر سلّولی	جانوران جانوران پر سلّولی	جانوران پرونوزواها اسفنجها جانوران پر سلّولی

ولی حتّی نظم ۵ سلسله ای نیز خالی از اشکال و انتقاد نمی باشد. یک میکرو بیولوژیست و باکتری شناس معروف بنام ویز[1] با دلایل محکمی سلسلهٔ مونرا را به دو سلسله براساس تفاوتهای اساسی دو گروه باکتریها که قبلاً ناشناخته بود (فصل ۱۶) تقسیم کرد. کپکهای لزج که طیّ مرحلهٔ رویشی خود، فاقد دیوارهٔ سلّولی هستند و در مرحلهٔ تولید مثل دیواره ایجاد می نمایند مکان خاصی در ۵ سلسله ندارند. موجودات دیگری که بطور سنتّی به عنوان قارچ شناخته شده اند ممکن است با پروتیستا ارتباط و نزدیکی بیشتری داشته باشند. برای درك رابطهٔ خویشاوندی طبیعی نیاز به جمع آوری اطّلاعات بیشتری است و تا اطّلاعات کاملی به دست نیامده، طبقه بندیها ممکن است تفسیرهای مختلفی داشته باشند.

طبقه بندیهای گروههای اصلی

از زمان لینه، تعدادی طبقات بین دو سطح سلسله و جنس، اضافه شده است. اکنون جنسها درون خانواده (Family)، خانواده ها درون راسته (order)، راسته ها درون رده (Class)، رده ها درون شاخه (Division) و شاخه ها درون سلسله (Kingdom) جای می گیرند. براساس نوع سیستم رده بندی، از ۱۲ تا ۳۰ شاخه در گیاهان تشخیص داده می شود.

در زیر، رده بندی گروههای اصلی موجودات زنده با استفاده از تغییراتی در سیستم ۵ سلسله ای وتیاکر ارائه می گردد (جدول ۲-۱۵). در این کتاب، این رده بندی دنبال می شود. نسبتهای خویشاوندی و مسیر تکاملی فرضی عالم موجودات زنده در شکل ۳-۱۵ نشان داده شده است.

ویروسها که ساختمان سلّولی ندارند نمی توانند در این سیستم قرار گیرند؛ ولی در فصل ۱۶ بعد از باکتریها توضیح داده شده اند. گل سنگها که ترکیبی از یک قارچ و جلبک می باشند در قارچها در فصل ۱۸ توضیح داده می شوند.

اگر بخواهیم رده بندی کاملی براساس این سیستم در مورد پیاز خوراکی داشته باشیم، به صورت زیر عمل می شود :

Kingdom : Plantae
  Division : Anthophyta
    Class : Monocotyledonae
      Order : Liliales
        Famlily : Amaryllidaceae*
          Genus: Allium
            Species : Allium cepa L.

1- Carl Woese

* برای آن اغلب نام Liliaceae و یا Aliaceae آورده شده است (مترجم)

جدول ۲-۱۵ طبقه بندی موجودات در ۵ سلسله

Kingdom Monera
Subkingdom Archaebacteriophytineae (archaebacteria)
Division Archaebacteriophyta (methane, salt, and sulpholobus bacteria)
Subkingdom Eubacteriophytineae (true bacteria)
Division Eubacteriophyta
Class Eubacteriae (unpigmented, purple, and green sulphur bacteria)
Class Cyanobacteriae (blue-green bacteria)
Class Prochlorobacteriae (prochlorobacteria)

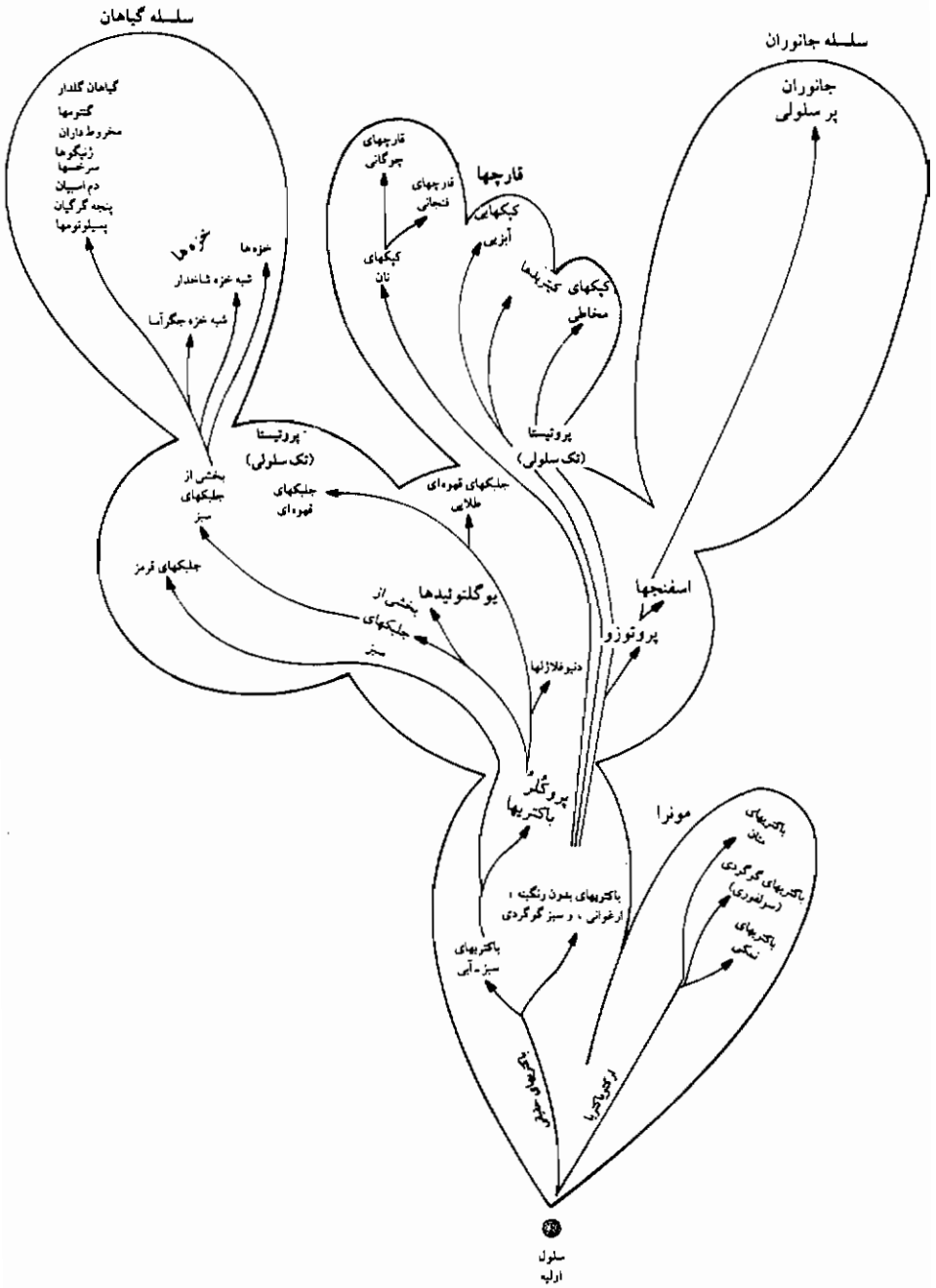
Kingdom Protista
Division Chrysophyta
Class Xanthophyceae (yellow-green algae)
Class Chrysophyceae (golden-brown algae)
Class Bacillariophyceae (diatoms)
Class Cryptophyceae (cryptophytes)
Division Pyrrophyta (dinoflagellates)
Division Euglenophyta (euglenoids)
Division Chlorophyta
Class Chlorophyceae (green algae)
Class Charophyceae (stoneworts)
Division Phaeophyta (brown algae)
Division Rhodophyta (red algae)
[Phylum Protozoa—protozoans]
[Phylum Porifera—sponges]

Kingdom Fungi
Subkingdom Myxomycotineae
Division Acrasiomycota (cellular slime molds)
Division Myxomycota (true slime molds)
Subkingdom Chytridomycotineae
Division Chytridiomycota (chrytrids)
Subkingdom Mastigomycotineae
Division Oomycota (water molds)
Subkingdom Eumycotineae
Division Zygomycota (coenocytic fungi)
Division Eumycota (septate fungi)
Class Ascomycetes (cup fungi)
Class Basidiomycetes (club fungi)
Class Deuteromycetes (imperfect fungi)
[Class Lichenes (lichens)]

Kingdom Plantae
Division Bryophyta
Class Hepaticae (liverworts)
Class Anthocerotae (hornworts)
Class Musci (mosses)
Division Psilophyta (whisk ferns)
Division Lycophyta (club mosses)
Division Sphenophyta (horsetails)
Division Pterophyta (ferns)
Division Cycadophyta (cycads)
Division Ginkgophyta (ginkgoes)
Division Coniferophyta (conifers)
Division Gnetophyta (*Gnetum, Ephedra, Welwitschia*)
Division Anthophyta (flowering plants)
Class Dicotyledonae (dicots)
Class Monocotyledonae (monocots)
(Division Tracheophyta)

Kingdom Animalia (multicellular animals)

توضیح: «چون جدول شماره ۲-۱۵ حاوی نامهای لاتین گروههای مختلف گیاهان می‌باشد که غالباً به همین صورت مورد نیاز دانشجویان قرار می گیرند و همچنین به لحاظ این که همهٔ گروهها در فصول مختلف کتاب معنی و تشریح شده‌اند، لذا متن اصلی این جدول ترجمه نشده است» (مترجم).



شکل ۳-۱۵ روابط تکاملی فرضی بین سلسله‌ها و گروههای اصلی موجودات.

بعد از نام علمی گونه نام مؤلف قرار می گیرد که معمولاً به صورت اختصاری است. مؤلف شخص یا افرادی هستند که ابتدا گیاه را نام گذاری می کنند و گونه را در جنس خاصّی قرار می دهند. مرسوم است که نام دو بخش به صورت ایتالیک نوشته شود (یا در زیر آن خط کشیده شود). در مورد *Allium cepa L.* (L) برای نام لینه است زیرا این گیاه یکی از ۷۳۰۰ گونه گیاهی است که وی در کتاب خود بنام گونه های گیاهی (Species Plantarum) آورده است.

علاوه براین، دسته های مختلف در رده بندی، در زیر مجموعه هایی مانند زیر شاخه (Subdivision)، زیر رده (Subclass)، زیر راسته (Suborder) باهم متفاوتند و گونه ها، خود گاهی نیز به زیر گونه (Subspecies)، واریته (Variety) و نژاد (Form) تقسیم می شوند. بعضی از مؤلفین فوق دسته هایی را نیز مشخّص کرده اند مانند فوق سلسله (Super Kingdom) و فوق راسته (Super Order). یکی از سیستمهای مورد قبول سلسلهٔ گیاهی را فقط به دو شاخه (شاخهٔ بریوفیتا برای گیاهان غیر آوندی و شاخهٔ تراکئوفیتا برای تمام گیاهان آوندی با تعداد زیادی زیر شاخه) تقسیم نموده است. این زیرشاخه ها در کتب دیگر ممکن است به عنوا شاخه مطرح شوند.

چون در سیستمهای رده بندی سلیقه های فردی دخالت دارد بطور یقین هیچ گاه توافق کامل حاصل نخواهد شد، لیکن براستی و به هر صورت این سیستمها نه تنها مفید هستند بلکه برای نظم دادن این تنوّع حیات گیاهی اطراف ما لازم می باشند.

افرادی که در شناسایی، نام گذاری، و رده بندی موجودات زنده تخصّص دارند و سعی دارند به روابط طبیعی آنها پی ببرند تاکسونومیست (سیستماتیست) (فصل یک) نامیده می شوند. یکی از فعّالیتهای تاکسونومیستها، ساختن شناسه هایی است که دیگران بتوانند به کمک آنها موجوداتی را که با آنها آشنا نیستند شناسایی نمایند. بیشتر چنین شناسه هایی، دو شاخه ای (دیکاتومی) هستند، بطوری که به خواننده یک جفت صفت از موجود زنده را می دهد. به وسیلهٔ آزمایشات دقیق و انتخاب یکی از دو حالت که به موجود نزدیکتر است می توانیم به شناخت موجود زنده نزدیک شویم. اگر برای مثال با اوّلین صفت موافقت شد رجوع می کنیم به شمارهٔ بعدی یا نامی که در انتهای سطر داده شده است. اگر با اوّلین صفت موافقت نشد و دومین صفت با موجود زنده وفق می کرد همین عمل را برای آن انجام می دهیم. کلید شناسایی زیر برای گروههای بزرگ موجودات است و ارتباط خویشاوندی را نشان می دهد. در این کلید فقط ویژگیهای عمومی ذکر گردیده، ولی جزئیات مختلف و استثناهایی که در گروههای پایینتر وجود دارند در آن ذکر نشده است. تمام موجوداتی که در یک گروه قرار داده می شوند نسبت به سایر گروهها از نظر پیوند خویشاوندی نزدیکترند.

شناسهٔ گروههای اصلی موجودات زنده

(باستثنای سلسلهٔ جانوران)

۱- موجودات پروکاریوتیکی تک سلّولی با دیوارهٔ سلّولی Kingdam Monera

۲- دیوارهٔ سلّولی فاقد اسید مورامیک Subkingdom Archaebacteriophytinae

۲- دیوارهٔ سلّولی واجد اسید مورامیک Subkingdom Eubacteriophytineae

۱- موجودات یوکاریوتز، تک سلّولی، کلنی، ریسه ای یا چند سلّولی دارای دیواره یا بدون آن

۳- موجودات با ساختمان تولید مثلی ماده معمولاً تک سلّولی یا به همراه چند سلّول نازا اطراف یک سلّول فاقد جنین

۴- موجودات تک سلّولی یا ریسه ای

۵- سلّولهای پلاست دار Kingdom Protista

۶- پلاستهای واجد رنگدانه های زرد، قهوه ای، نارنجی، و برجسته تر از کلروفیل

۷- ذخیرهٔ غذایی چربی یا هیدرات کربن بجز نشاسته، دو تاژك در یک انتهای سلّول Division Chrysophyta

۷- ذخیرهٔ غذایی نشاسته سلّولها با یک تاژك در یک انتها تاژك دیگر عمود برآن در شیار مرکزی Division Pyrrophyta

۶- پلاستها دارای رنگدانه کلروفیل برجسته تر از سایر رنگدانه ها

۸- سلّولهای قابل ارتجاع، ذخیرهٔ غذای هیدرات کربن پارامیلون Division Euglenophyta[1]

۸- سلّولهای غیر قابل ارتجاع ذخیرهٔ غذایی هیدرات کربن نشاسته Division Cblorophyta[2]

۵- سلّولهای بدون پلاست kingdom Fungi

۹- پیکرهٔ رویشی آمیب مانند Subkingdom Myxomycotineae

۹- پیکرهٔ رویشی غیر آمیبی

۱۰- حدّاقل سلّولهای زایشی تاژکدار ـ موجودات آب زی

۱۱- پیکرهٔ رویشی دارای یک سلّول کروی غالباً ریزوییددار Subkingdom Chytridiomycotineae

---

۱- تنها حدود $\frac{1}{3}$ جمعیّت اوگلنوفیتا دارای کلروپلاست هستند.

۲- بخشی از شاخه

۱۱- پیکرهٔ رویشی ریسه ای و منشعب با هسته های فراوان

Subkingdom Mastigomycotineae

۱۰- سلّولهای زایشی فاقد تاژك، موجودات خشک زی

Subkingdom Eumycotineae

۱۲- ریسه های رویشی منشعب دارای هسته های فراوان

بدون جدار عرضی

Kingdom Zygomycota

۱۲- ریسه های رویشی با سلّولهای مجزّا هر سلّول یک یا

Kingdom Eumycota چند هسته

۴- موجودات پر سلّولی و غیر ریسه ای

۱۳- موجودات دارای رنگدانه های فرعی اساساً

شبیه گیاهان تکامل یافته ذخیرهٔ غذایی

هیدرات کربن نشاسته : بخشی از

Division Chlorophyta

۱۳- موجودات با رنگدانه های فرعی متفاوت با

گیاهان تکامل یافته ذخیرهٔ غذایی

کربوهیدراتها غیر از نشاستهٔ معمولی

۱۴- موجودات قهوه ای به علّت حضور

رنگدانه قهوه ای ذخیرهٔ غذایی

هیدرات کربن لامینارین

Division Phaeophyta

۱۴- موجودات قرمز با رنگدانهٔ قرمز

هیدرات کربن نشاستهٔ فلوریدین

Division Rhodophyta

Kingdom plantae ۳- موجودات با ساختمانهای زایشی چند سلّولی دارای جنین

Division Bryophyta ۱۵- گیاهان بدون آوندهای چوبی و آبکش حقیقی

۱۵- گیاهان واجد آوندهای چوبی و آبکش حقیقی

۱۶- گیاهان فاقد برگهای حقیقی با اناسیون[1]، ساقه ها با انشعابات دو شاخه
Division Psilophyta

۱۶- گیاهان دارای برگهای حقیقی؛ فاقد اناسیون، ساقه ها منشعب به شکلهای مختلف یا بدون انشعاب

۱۷- گیاهان با برگهای دارای یک رگ برگ (میکروفیل)

۱۸- ساقهٔ بدون شیار، بدون سیلیس، برگها فتوسنتز کننده
Division Lycophyta

۱۸- ساقهٔ شیاردار، سیلیس دار برگها غیرفتوسنتزکننده و فلس مانند
Division Sphenophyta

۱۷- گیاهان معمولاً دارای برگهای بیش از یک رگ برگ (مگافیل)

۱۹- گیاهان از طریق هاگهای تولیدشده در سطح برگ تکثیر حاصل می کند
Division Pterophyta

۱۹- گیاهان از طریق دانه های حاصل از نموّ تخمک تکثیر حاصل می کند

۲۰- سلّولهای تولید مثلی نر (اسپرمها) متحرّك (شناور)

۲۱- برگها شانه ای مرکّب بزرگ مشابه برگهای نخل خرما Division Cycadophyta

۲۱- برگهابادبزن شکل کوچک دارای رگ برگهای فراوان دو شاخه ای Division Ginkgophyta

۲۰- سلّولهای تولید مثلی نر غیر متحرّك

۲۲- گیاهان بدون گل، دانه ها در مخروط یا ساختمانهای مشابه

۲۳- چوب فاقد آوند اختصاصی وسل، واجد کانالهای رزین
Division Coniferophyta

۱- برای توضیح بیشتر به فصل ۲۰ رجوع شود.

۲۳- چوب واجد آوند اختصاصی وسل؛
فاقد کانالهای رزین
Division Gnetophyta
Division Anthophyta ۲۲- گیاهان گلدار

بار دیگر باید تأکید شود که این نوع کلید، در حالی که تفاوتهای اساسی بین گروههای اصلی موجودات زنده را مورد توجّه قرار می دهد، ممکن است اختلافات را نیز خیلی ساده مطرح کند. چون این نوع کلید تمام صفات هر عضو یک گروه را فهرست نمی کند. علاوه براین، چنین کلیدی الزاماً استثناها یا بعضی اشکال متوسّط را که در نتیجهٔ تحقیقات دایماً در حال جابه جایی بین طبقات مختلف می باشند را در نظر نمی گیرد. همچنین شناسه در این سطح کاملاً کاربردی نیست چون گاهی جهت شناسایی به مراحل خاصّی از دورهٔ زندگی گیاه نیاز است که بایستی در دسترس قرار گیرد. آزمایشات شیمیایی نیز بسادگی قابل اجرا نمی باشند، همچنین ممکن است به جزئیاتی نیاز باشد که با میکروسکپ نوری هم مشاهدهٔ آنها مشکل است. با این وجود، چنین شناسه ای به ردیف کردن گروهها و صفات آنها ترجیح داده می شود.

خلاصه

۱. کلیّهٔ موجودات زنده بدون توجّه به زبانهای مختلف منطقه ای که گیاه در آن وجود دارد، به وسیلهٔ دو نام لاتین شناسایی می شوند. فراوانی نامهای عام، منجر به این شد که زیست شناسان سراسر دنیا به نام گذاری و رده‌بندی یکسان موجودات زنده نیاز پیدا کنند.

۲. تئوفراستوس (قرن سوّم پیش از میلاد) اوّلین کسی بود که سعی کرد گیاهان را از نظر علمی تشخیص داده و رده‌بندی نماید. در قرن سیزدهم میلادی تفاوت بین تک لپّه ایها و دو لپّه ایها شناخته شد و در آغاز قرن هیجدهم گیاه شناسان تعداد زیادی گیاه را به فهرست تئوفراستوس اضافه نمودند. این شناساییها علاوه بر شکل کلّی و عادت رشد بر اساس جزئیات ساختمان میوه و گل آنها بود.

۳. در قرن هیجدهم در اروپا مرسوم بود که از اسامی توصیفی لاتین برای تمام موجودات استفاده شود که اوّلین کلمهٔ عبارت، نشان دهندهٔ جنس هر موجود زنده بود.

۴. لینه، فهرست مفصّلی از همهٔ واژه های لاتین شناخته شده بر طبق جنس برای گیاهان تهیّه نمود و در کتاب خود تحت عنوان گونه های گیاهی (Species plantarum) در سال ۱۷۵۳ منتشر نمود. در این کتاب او یک جنس را برای یک یا چند موجود زنده وابسته به یکدیگر

(گونه) قرار داد. در حاشیه بعد از واژه های لاتین، او یک کلمه را ذکر کرد بطوری که وقتی که با نام جنس ترکیب می شد به صورت مخفّف یک گونه را شناسایی می کرد.

۵. نام مخفّف لاتین دوبخشی (دونامی) به علاوه نام شناساگر گیاه که بعد از آن قرار می گیرد سرانجام جانشین اسامی توصیفی شد و این روش در نام گذاری گیاهان به عنوان سیستم نام گذاری دونامی شناخته شد. لینه همچنین تمام گیاهان شناخته شده را بر اساس تعداد پرچمهای گل در ۲۴ رده قرار داد.

۶. در سال ۱۸۶۷ گیاه شناسان اروپایی و آمریکایی در پاریس ملاقات نموده و موافقت کردند که اثر سال ۱۷۵۳ لینه و همچنین سیستم دونامی به عنوان نقطهٔ شروع اسامی علمی گیاهان باشد. قوانین نام گذاری و طبقه بندی گیاهان که در آن اجلاس طرح شد و پس از آن گاه تجدید نظر شده و تکامل می یابد و امروزه به عنوان کُد بین المللی نام گذاری گیاهان محسوب می شود و به وسیلهٔ گیاه شناسان کلّیه ملیّتها اجرا می شود. کُد مشابهی نیز در نام گذاری و طبقه بندی جانوران، حاکم است.

۷. در آغاز هنگامی که سیستم طبقه بندی برای اوّلین مرتبه ایجاد شد تمام موجودات زندهٔ یا در سلسلهٔ گیاهان و یا در سلسله جانوران قرار می گرفتند. ولی بسیاری از موجودات میکروسکپی، ویژگیهای مربوط به هردو گروه گیاهان و جانوران را دارا می باشند لذا در سال ۱۸۶۰ هاگ و هکل سلسلهٔ سوّمی را (پروتیستا) برای تمام موجودات زنده که ساختمانهای پیچیده ای تولید نمی کنند ایجاد نمودند.

۸. در سال ۱۹۳۸ کوپلند، پروتیستا را به دو سلسله تقسیم کرد؛ به این طریق که موجودات زندهٔ دارای سلّولهای پووکاریوت در سلسله مونرا، و موجودات دارای سلّولهای یوکاریوت در سلسلهٔ پروتوکتیستا قرار گرفتند.

۹. چون موجودات زندهٔ سلسله پروتوکتیستا در سیستم کوپلند اختلافاتی را از نظر نحوهٔ تغذیه داشتند، بسیاری از زیست شناسان اکنون ۵ سلسله ای را که به وسیلهٔ ویتاکر در سال ۱۹۶۹ ارائه شد، ترجیح می دهند. در سیستم ویتاکر سه سلسله براساس شکل تغذیه (فتوسنتز، گوارش موادّ جامد، جذب مواد محلول) و دو سلسله مربوط به پروتیستا بر اساس تفاوتهای ساختمان سلّولی وجود دارد.

۱۰. کپکهای مخاطی که درمراحل خاصّی دیوارهٔ سلّولی ندارند و درمراحل دیگر ایجاد می نمایند جایگاه مشخّصی درسیستم ۵ سلسله ای ندارند؛ ولی در هر صورت، این سیستم ظاهراً از زمانی که پیشنهاد شده است بین سیستمهای دیگر نظام رضایت بخشی را داشته است.

۱۱. از زمان لینه، چندین طبقه به بین سلسله و جنس اضافه شده است. جنسها در خانواده، خانواده ها در راسته، راسته ها در رده، رده ها در شاخه، و شاخه ها در سلسله، گروه بندی می شوند.

۱۲. تمام اشکال باکتریها، درسلسلهٔ مونرا قرار می گیرند. کلّیهٔ جلبکها، اوگلنوئیدها، دینوفلاژله ها در سلسلهٔ پروتیستا؛ کپکهای مخاطی، قارچهای تاژك دار و حقیقی در سلسلهٔ قارچها قرار می گیرند؛ و جگر واشها، شبه خزه های شاخدار، خزه ها و تمام گیاهان آوندی در سلسلهٔ گیاهان قرار می گیرند.

۱۳. ویروسها که فاقد بیشتر ویژگیهای موجودات زنده هستند داخل ۵ سلسله طبقه بندی نمی شوند، در فصل ۱۶ بررسی می شوند. گل سنگها که ترکیبی از قارچ و جلبک هستند در فصل ۱۸ مورد بحث قرار خواهند گرفت.

۱۴. بخش دوم دو نامی یعنی نام گونه به وسیلهٔ نام مؤلّف (شخصی که گونه را نام گذاری یا رده بندی کرده است) معمولاً به صورت مخفّف دنبال می شود.

۱۵. زیر گروهها (مانند زیر گونه، زیر راسته) گاهی در رده بندی استفاده می شوند.

۱۶. متخصّصین رده بندی، کلیدهایی را جهت کمک به شناسایی موجودات زنده تهیّه می کنند. بیشتر کلیدها، دیکاتومی می باشند؛ یعنی فرد به وسیلهٔ انتخاب و تعقیب یک حالت بین یکی از دو حالت که درسراسر شناسه منظو شده نمونه را شناسایی می کند. شناسه ای که جهت گروههای اصلی ارائه می شود از دیدگاه کلّی آنها را مورد بررسی قرار داده و استثناها را نشان نمی دهد و همچنین اشکال حدّواسط را که ممکن است در نتیجهٔ دانش جدید، بین طبقات جابه جا شوند را نیز منظور نمی کنند.

پرسشهای یادآوری

۱. استفاده از نامهای علمی در مقایسه با اسامی عام، چه مزایا و زیانهایی را در بر دارد؟

۲. کد بین المللی گیاه شناسی چیست؟

۳. مفهوم واژهٔ دو نامی چیست؟

۴. کدام شاخه، شامل موجودات زندهٔ آب زی می شود؟

۵. فهرستی از صفاتی که می تواند گروههای زیر را از هم متمایز نماید تهیّه نموده، سپس یک کلیددوانشعابی(دیکاتومی)ساده بسازیدکه بتواند انسانهای سیّاره دیگری را کمک در شناسایی

آنها بنمایید؛ افراد بور، پرتقالها، چکشها، دوچرخه ها، بوته های گل سرخ، اتومبیلها، افراد مو مشکی، گربه ها، موشها، بوته های تمشک، سگها، آچارها، و میوه های هلو.

پرسشهای تشریحی

۱. از آن جایی که نامهای توصیفی عموماً نسبت به دو ناسیها شرح کاملتری از موجود هستند، آیا شما فکر می کنید که آنها باید مجدّداً رایج شوند؟

۲. بعد از آن که لینه تمام جنسهای شناخته شده را در رده ها قرار داد. تعدادی دیگر از طبقات رده بندی بین سطح سلسله و جنس اضافه شد، آیا حقیقةً این طبقات اضافه شده مفید هستند؟

۳. آیا شما فکر می کنید به زیست شناسان جهت تقسیم دو سلسلهٔ قدیمی گیاهان و جانوران به ۵ سلسله، باید حق داد؛ و آیا این در مجموع فرق مهمی در دنیایی داشت که اگر زیست شناسان چنین شرحی را نداده بودند؟

منابع اضافی

Bold, H. C., C. S. Alexopoulos, and T. Delevoryas. 1987. *Morphology of plants and fungi*, 5th ed. New York: Harper & Row, Publishers, Inc.

Cronquist, A. 1988. *The evolution and classification of flowering plants*, 2d ed. Boston: Houghton Mifflin Co.

Jeffrey, C. 1982. *An introduction to plant taxonomy*. New York: Cambridge University Press.

Radford, A. E. 1986. *Fundamentals of plant systematics* New York: Harper & Row, Publishers, Inc.

Scagel, R. F., et al. 1984. *Plants: an evolutionary survey*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Co.

Stace, C. A. 1989. *Plant taxonomy and biosystematics*, 2d ed. New York: Routledge, Chapman and Hall.

Stearn, W. T. 1957. *An introduction to the Species Plantarum and cognate botanical works of Carl Linnaeus*. London: Printed for the Ray Society and sold by Bernard Quaritch.

فصل شانزدهم ـ سلسلهٔ مونرا، ویروسها، و مهندسی ژنتیک

رؤوس مطالب

برخی اهداف فراگیری
نظر اجمالی
ویژگیهای سلسلهٔ مونرا
مقدّمه‌ای بر باکتریها
جزئیات سلّولی و تولید مثل
اندازه، شکل، و طبقه‌بندی
زیرسلسلهٔ آرکی باکتریوفیتینه
آرکی باکترها
باکتریهای متان
باکتریهای نمکی
باکتریهای سولفولوبوس
روابط انسان و آرکی باکتریها
زیرسلسلهٔ یوباکتریوفیتینه ـ باکتریهای حقیقی
شاخهٔ یوباکتریوفیتا
ردهٔ یوباکتریا ـ باکتریهای بدون رنگدانه
ارغوانی، و سبز سولفوری
باکتریهای اتوتروف
روابط انسان و باکتریهای بدون رنگدانه
ارغوانی، و سبز سولفوری
کمپوست و کمپوست‌سازی
باکتریهای حقیقی و بیماریها
روشهای انتقال باکتریهای بیماری‌زا
انتقال ازطریق هوا
انتقال ازطریق موادّ غذایی و نوشیدنیهای آلوده
انتقال ازطریق تماس مستقیم
انتقال ازطریق جراحات و زخمها
انتقال ازطریق گزش حشرات و موجودات دیگر
فرضیّه‌های کُخ
باکتریهای حقیقی مفید برای انسان
ردهٔ سیانوباکتریا ـ باکتریهای سبز آبی
مقدّمه
پراکندگی
شکل، متابولیسم، و تولید مثل
باکتریهای سبز ـ آبی، کلروپلاستها، و اکسیژن
روابط انسان و باکتریهای سبز ـ آبی
ردهٔ پروکلرو باکتریها
ویروسها
مقدّمه
اندازه و ساختمان
باکتریوفاژها
تکثیر ویروسها
روابط انسان و ویروسها
مهندسی ژنتیک
خلاصه
پرسشهای یادآوری
پرسشهای تشریحی

درخت چنار غربی (Platanus racemosa)

فصل شانزدهم

سلسلهٔ مونرا ، ویروسها ، و مهندسی ژنتیك

برخی اهداف فراگیری

۱- شناسایی اشکال اصلی باکتریها و تشریح موارد اختلاف بین سلّول پروکاریوت و سلّول یوکاریوت و این که چرا رده بندی موجودات پروکاریوت مشکل است .

۲- یادگیری اشکال تغذیهٔ باکتریها .

۳- آشنایی با حدّاقل ده باکتری مفید برای انسان ، و تفهیم نحوهٔ مفیدبودن آنها .

۴- درك راههای مختلفی که باکتریهای بیماری زا منتقل می شوند ، و توصیف روشی که هر نوع باکتری بیماری زا در ایجاد بیماری به کار می برد .

۵- فراگیری فرضیّه های کُخ .

۶- شناخت این که چگونه گروههای اصلی باکتریها از نظر شکل ، رنگدانه ، و تولیدمثل از یکدیگر متفاوتند . همچنین آشنایی با اختلافات ویروسها و باکتریها از نظر شکل و تولیدمثل .

۷- آشنایی با مهندسی ژنتیک و شرح نحوهٔ انجام آن .

نظر اجمالی

این فصل ، سلسلهٔ مونرا را با نگرشی مختصر به صفات آن معرّفی می کند . به عنوان

مقدّمه به ارتباط باکتری نورافشان و ماهی نورافشان می پردازد. پژوهش مختصری از ویژگیهای باکتریها و تولید مثل آنها با بحثی از آرکی باکتریها و باکتریهای حقیقی به همراه مثالهایی دنبال می شود. روابط انسان و باکتریهای اتو تروف و هتروتروف مطرح می شود. بخشهایی نظیر کودسازی، باکتریهای بیماری زا و انتقال بیماریها و فرضیّه های کخ، گنجانده شده است. سپس باکتریهای سبز آبی و پروکلرو باکتریها کشف شده و روابط انسان و باکتریهای سبز ـ آبی تشریح می شود. فصل با نگاهی به طبیعت، تولید مثل، روابط انسان با ویروسها ادامه یافته و نهایةً با مقدّمه ای بر مهندسی ژنتیک خاتمه می یابد.

ویژگیهای سلسلهٔ مونرا

اعضای سلسلهٔ مونرا تماماً دارای سلّولهای پروکاریوت هستند. چنین سلّولهایی فاقد غشای هسته اند ولی هرکدام دارای یک رشتهٔ طویل DNA می باشند. به علاوه ممکن است قطعات کوچک DNA بنام پلاسمید، ریبوزومها، و غشاها در سلّولهای باکتریها وجود داشته باشند. اندامکهایی که به وسیلهٔ غشا محصور می شوند مانند پلاستها، میتوکندریها، اجسام گلژی و شبکهٔ اندوپلاسمی وجود ندارند (شکل ۱۵-۱۶).

در تعدادی اعضای سلسلهٔ مونرا، سلّولها ممکن است درون یک ماتریس زمینه ای از موادّ ژلاتینی به صورت کلنیهای مختلف یا به شکل زنجیره یا رشته قرار داشته باشند ولی هر سلّول، کاملاً مستقل است و ارتباطات پروتوپلاسمی بین آنها وجود ندارد. بعضی گونه ها معمولاً به وسیلهٔ تاژك (رشته های شلاّقی مانند که غالباً به صورت جفت وجود دارند) که سلّولها را به درون آب رانده یا می کشد، حرکت می کنند (قادر به حرکت مستقل). چندین گونه رشته ای دارای حرکت خزنده ای هستند و رشته ها مستقلاً یا در مقابل هم به عقب و جلو می خزند، ولی بیشتر گونه ها غیر متحرّکند.

تغذیه در سلسلهٔ مونرا اساساً به وسیلهٔ جذب موادّ غذایی محلول از طریق دیوارهٔ سلّولی است؛ ولی بعضی باکتریها سنتز کننده هستند (قادرند انرژی موردنیاز خود را از طریق واکنشهای شیمیایی و در ارتباط با ترکیبات و عناصر مختلف به دست بیاورند) در حالی که تعدادی باکتری حقیقی، شامل باکتریهای سبز ـ آبی و پروکلرو باکتریها اشکالی از فتو سنتز را دارا هستند.

تولید مثل آنها اساساً غیر جنسی است، و به وسیلهٔ تقسیم دوتایی یک نوع تقسیمی که در آن یک سلّول به دو سلّول شکافته می شود صورت می گیرد. تقسیم دوتایی همراه با میتوز

نیست، زیرا هسته یا اندامکهای دیگر وجود ندارند. ولی در هنگام تقسیم رشتهٔ DNA مضاعف شده و بین دو سلّول جدید که از سلّول والد ایجاد شده اند توزیع می شود. تولید مثل جنسی ناشناخته است، ولی نوترکیبیهای ژنتیکی در چندین گروه آنها وجود دارند. نوترکیبیهای ژنتیکی به وسیلهٔ تارها (لوله های ظریف) که ارتباط بین سلّولها را ایجاد می کنند انجام می شود.

مقدّمه ای بر باکتریها

تنوّع متحیّر کننده، و زیبایی فوق العادهٔ حیات زیر دریاها، با نمونه هایی از هر ۵ سلسله، به حدّ زیادی توجّه غوّاصان را به خود معطوف نموده است مخصوصاً از هنگامی که جک کوستو و دیگر زیست شناسان دریایی به وسیلهٔ تحقیقات و فیلمهای سینمایی خود به دانش ما از این قلمرو بیکران و دیدنی افزوده اند. آبهای کم عمق صخره های مرجانی بزرگ استرالیا، پارك ملّی جزایر ویرجین، خلیج کوچک هاوایی و تعداد بی شماری از تپّه های دریایی دیگر واجد حیات دریایی رنگارنگی هستند که توجّه هر بینندهٔ دل زنده ای را برای ساعتها به خود جلب می نمایند. البتّه غوّاصانی که در شب در اقیانوسها در نواحی مثل دریای باندای اندونزی، منطقه ای در شمال داروین در استرالیا به جستجو می پردازند. پاداش این عمل خود را با منظره های تماشایی می گیرند که به وسیلهٔ اشخاصی که در روز به کاوش زیر دریاها می روند، مشاهده نمی شود. آنها خود را در میان نمایشی از نورهای لرزان که دایماً در حال تغییرات هستند می بینند.

نورهای بی شماری که روشنایی آنها به حدّی است که می توان با آنها خواند، با سوسو زدن، حرکت تند و آهسته و یا حتّی به صورت دسته جمعی نور افشانی می کنند در دریا دیده می شوند. این نورها از کیسه های بزرگی در زیر چشمان ماهیهای کوچکی می تابند که قادرند آنها را با پوشاندنشان توسّط بافتهای چین خورده و مشخّصی خاموش نمایند. ولی برخلاف خویشاوندان خود در دریاهای عمیق، این ماهیهای نور افشان نور را در داخل بدن خود تولید نمی کنند. در عوض نورها از هزاران باکتری نورافشان میکروسکپی ایجاد می شوند که تمایل دارند با ماهیها ارتباط هم زیستی یا هم یاری داشته باشند (شکل ۱-۱۶). این هم زیستی ساده رابطهٔ نزدیک بین دو موجود غیر مشابه است. هم یاری حالتی از هم زیستی است که برای هردو موجود سودمند است. در این نمونه هم یاری، ماهی مقدار مادّهٔ غذایی و اکسیژن را از طریق رگهای خونی فراوان در کیسه ها برای باکتریها آماده می کند. در حالی که باکتریها نور

مورد استفادهٔ ماهی را نه تنها برای جستجوی غذا در شب بلکه برای جذب غذاهای زنده و همچنین برای گیج کردن دشمنان خود از طریق روشن و خاموش نمودن نورها با شنای نامنظّم خود تأمین می کند.

امّا باکتریهای نور افشان، نمونهٔ کوچکی از فراوانترین و از نظر زمین شناسی قدیمیترین موجودات زندهٔ روی کرهٔ زمین هستند، تخمین زده می شود فسیلهای باکتریها که در طبقات زمین شناسی یافت شده ۳٫۵ میلیارد سال قدمت دارند. چون فسیلهای اوّلین موجودات با سلّولهای یوکاریوت به ۱٫۳ میلیارد سال بر می گردد، لذا باکتریها تقریباً از هر موجود دیگری که روی این سیّاره وجود داشته است سه برابر قدیمیترند.

شکل ۱-۱۶ ماهی پرتوزا.

امروزه تقریباً ۲۵۰۰ گونهٔ باکتریها شناخته شده که ممکن است به مقادیر نجومی در هر زیستگاه طبیعی وجود داشته باشند. برای مثال تخمین زده شده که هر گرم از خاك باغچه حدود ۲ میلیارد باکتری دارد. باکتریها در خارج و داخل تمام گیاهان و جانوران، در تمام انواع خاکها، سرتاسر آبهای شیرین و شور، در کلاهکهای یخی قطبی، چشمه های آب گرم، در معادن ذغال سنگ و نفت، در کل اتمسفر، در بطریهای جوهر هندی، و تقریباً در هر محلّ دیگری که انسان به آن نظر بیندازد یافت می شوند. تنها تعداد گونه ها نامشخّص هستند، زیرا مشکل است که موجودات تک سلّولی ساده را براساس تنها خصوصیات قابل دیدن طبقه بندی کرد. برای مثال یک باکتری بیماری زا با نام علمی استرپتوکوکوس پنومونیا

(*Streptococcus pneumoniae*) در ۷۷ سوش شناخته شده است. تمام این سوشها مشابه به نظر می رسند ولی هرکدام باعث شکل متفاوتی از ذات الرّیه یا بیماریهای وابسته می شوند. بنابراین آیا بایستی هر سوش را یک گونه به شمار آورد؟ میکروبیولوژیستها که تمام انواع موجودات میکروسکپی را مطالعه می کنند، مطمئن نیستند، ولی آنها تمایل دارند که سوشها را بر اساس آنچه که انجام می دهند شناسایی نمایند نه این که براساس فرم و شکل آنها.

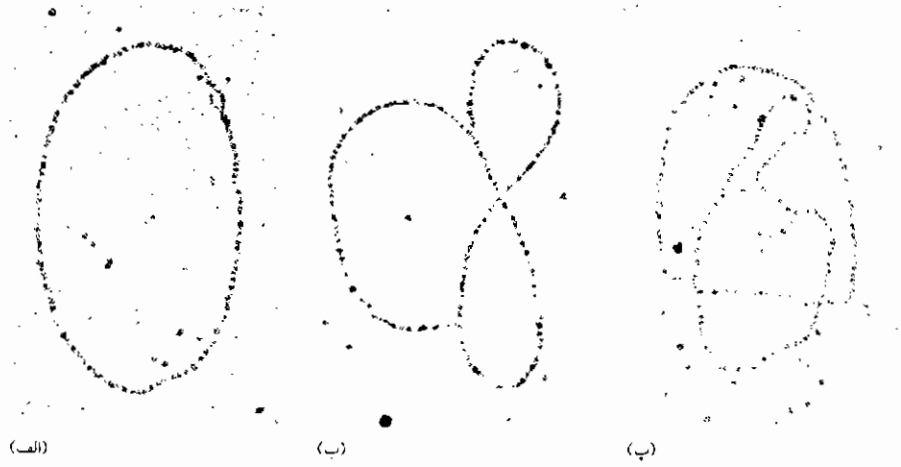
گرچه باکتریهایی که بیماری زا هستند و یا ضایعات به بار می آورند بیشتر مورد توجّه هستند، لیکن بیش از ۹۰ درصد گونه های باکتریها برای انسان مفید و یا بی ضرر هستند. باکتریها در صنایع برای اهداف مختلفی مورد استفاده قرار گرفته و از اهمیّت اکولوژیکی بسیار زیادی برخوردارند. حیاتی که ما امروز می شناسیم بدون فعّالیت این موجودات کوچک بطور وسیعی دگرگون می شود، کاربردهای صنعتی و نقش باکتریها در اکولوژی در قسمتهای بعد بررسی خواهند شد.

جزئیات سلّولی و تولید مثل

همان طور که در مقدّمه اشاره شد، سلّولهای باکتریها، پروکاریوت هستند. گرچه چنین سلّولهایی فاقد غشای هسته و اندامکها هستند، چین خوردگی پلاسما و دیگر غشاها بعضی از اعمال اندامکهای سلّولهای یوکاریوت را انجام می دهند. ریبوزومها که تقریباً نصف اندازهٔ ریبوزومهای سیتوپلاسم سلّولهای یوکاریوت را دارا هستند در پروکاریوتها نیز وجود دارند. سلّولهای باکتریها نوکلئوتیدی دارد که یک ملکول طویل DNA خیلی متراکم، منفرد به شکل حلقه می باشد. نوکلئوتید معمولاً در یک محل به غشای پلاسمایی متّصل است. به علاوه ۳۰ تا ۴۰ ملکول DNA کوچک و حلقوی بنام پلاسمید نیز ممکن است وجود داشته باشند. پلاسمیدها مستقل از ملکول DNA طویل یا کروموزوم همانندسازی کرده و تمام پلاسمیدهای مکمّل غالباً دارای نسخه هایی از یک یا چند پلاسمیدهای دیگر هستند. کروموزوم اصلی و گاهی تمام یا بخشی از پلاسمیدها قبل از تقسیم سلّولی همانندسازی می کنند (شکل ۲-۱۶).

میتوز به صورتی که در سلّولهای یوکاریوت دیده می شود اتّفاق نمی افتد. در عوض یک نوآرایی درونی مواد در طیّ مهاجرت کروموزومها به دو سمت مقابل سلّول صورت می گیرد. سپس تقریباً در وسط سلّول غشای پلاسمایی و دیوارهٔ سلّولی یک دیواره تشکیل داده

و در نتیجه سلّول به دو سلّول تقسیم می شود. سرانجام دوسلّول جدید جداشده و تا اندازهٔ اوّلیهٔ سلّول مادر رشد می کنند، در بعضی باکتریها سلّولها به صورت زنجیره هایی به یکدیگر متّصل باقی می مانند، این شکل ساده از تولید مثل غیر جنسی، تقسیم دوتایی (به ایجاد شکاف) (فیژن) به صورت بسیار گسترده ای در باکتریها صورت می گیرد. به همین دلیل باکتریها شیزومیسیت به معنی قارچهایی با تقسیم از طریق ایجاد شکاف نامیده می شوند (شکل ۳-۱۶). ولی اکنون برخلاف آنچه که ابتدا تصوّر می شد عقیده براین است که باکتریها خویشاوندی نزدیکی با قارچها ندارند، و نام آنها بر همین اساس داده شده است.



شکل ۲-۱۶ همانندسازی DNA در باکتری. همانندسازی از یك نقطهٔ برجسته (سمت راست بالا) شروع می شود. الف ـ توسعه پیدا نموده است، ب ـ تا دو حلقه جدید DNA جدا شوند پ.

در شرایط ایده آل رطوبت و موادّ غذایی و دما، یک باکتری هر ۱۰ تا ۲۰ دقیقه ممکن است تقسیم شود. اگر یک باکتری با اندازهٔ متوسّط هر ۲۰ دقیقه تقسیم گردد در کمتر از ۳۶ ساعت یک تودهٔ باکتری به تعداد ۳۲۲۹۸۱۵۳۶۶۷۹۲۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ و وزن ۱۲۶۴۶۴۶۱۸۵۹۰ تُن تولید خواهد شد. اگر این توده فشرده نشود حجم آن از حجم کرهٔ زمین تجاوز می کند. البتّه باکتری برای مدّت طولانی به تقسیم خود ادامه نمی دهد زیرا چندین عامل از آن جمله کاهش موادّ غذایی و متراکم شدن مواد سمّی مانع، این عمل می شوند.

شکل ۳-۱۶ سلّول باکتری در حال تقسیم . دیوارهٔ جدید به‌طرف درون رشد می کند.

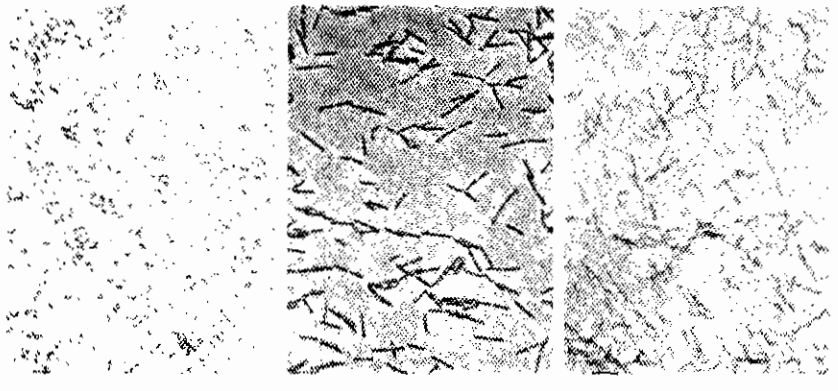
باکتریها، تولید گامت یا زیگوت نمی کنند و تقسیم میوزی انجام نمی دهند . ولی حدّاقل ۳ نوع نوترکیبی جنسی در آنها روی می دهد . در کانجوگاسیون بخشی از رشتهٔ DNA یا کروموزوم از یک سلّول دهنده به سلّول گیرنده از طریق یک تار لوله‌ای تو خالی ظریف در حالی که دو سلّول در تماس هستند منتقل می شود (شکل ۴-۱۶) . سپس در سلّول گیرنده قطعهٔ DNA بخش جدیدی از سلّول می شود . سلّولهای باکتری که قادرند کانجوگاسیون انجام دهند از نظر DNA اشکال جنسی متفاوتی دارند . تنها سلّولهای با سوشهای مخالف جنسی قادرند کانجوگاسیون انجام دهند . هنگام انتقال یک سلّول زنده، قطعات DNA آزاد شده از سلّولهای مرده را در محیط کشتی که در آن هستند جذب سلّول خود می نمایند . در ترانسدوکسیون، قطعات DNA به‌وسیلهٔ ویروسها از سلّولی به سلّول دیگر منتقل می شوند (در پایان همین فصل توضیح داده می شود) .

شکل ۴-۱۶ کانجوگاسیون باکتری. بخشی از رشتهٔ DNA سلّول دهنده از طریق یك لولهٔ خالی ظریفی مهاجرت می‌نماید تا به‌سلّول پذیرنده می‌رسد. در آنجا به DNA جدید سلّول می‌پیوندد. رشته‌های کوتاهتر دیگری، سطح هردوسلّول را پوشانده است.

اندازه، شکل و طبقه بندی

باکتریها به غیر از باکتریهای سبز ـ آبی که جداگانه شرح داده می شوند، و تعداد کمی باکتری درشت دیگر که طول آنها به ۶۰ میکرن می رسد، اکثراً دارای قطر کمتر از ۲ یا ۳ میکرون هستند. تعداد اندکی از گونه های کوچکتر ممکن است به ۰/۱۵ میکرون برسند، این نوع باکتریهای بسیار کوچک به قدری کوچک هستند که اگر ۶۵۰۰ عدد از آنها اگر ردیف شوند قطر یک نوك سوزن را کاملاً طی نمی کنند. به علّت اندازهٔ کوچکشان، باکتریها با چشم غیر مسلّح دیده نمی شوند. در آزمایشگاهها با میکروسکپهای الکترونی و با میکروسکپهای نوری با درشتنمایی بالا مطالعه می شوند.

هزاران نوع باکتریهای مختلف کلاً به سه شکل وجود دارند: کوکوسها که کروی یا گاهی بیضوی هستند؛ باسیلها که میله ای شکل یا استوانه ای می باشند، و اسپیریلها که مارپیچ یا حلقوی هستند (شکل ۵-۱۶). بیشتر طبقه بندیها براساس وجود رنگدانه ها، غلاف کپسول مانند لزج اطراف سلّول، وجود زایده های کرك مانند یا جوانه مانند، تشکیل اندوسپورهای دیوارهٔ ضخیم، و حرکتهای لغزشی گروههای رشته ای که به وسیلهٔ آن، جلو و عقب می روند، صورت می گیرد. بعضی باکتریها تاژه های بلند و باریکی دارند که معمولاً به طول ۵ تا ۱۰ میکرون بوده و آنها را در محیط کشت مایع حرکت می دهد. بقیّه، تارهای لوله مانند و تا اندازه ای کوچکتر دارند که مشابه تاژك هستند ولی در تغییر مکان نقش ندارند. تارها (پیلی ها) ظاهراً باکتری را قادر می سازند که به سطح محیط و یا به یکدیگر متّصل شوند.



شکل ۵-۱۶ سه شکل اصلی باکتریها. الف ـ کوکوس، ب ـ باسیل، پ ـ اسپیریل.

باکتریها همچنین به دو گروه بزرگ براساس واکنشهای آنها نسبت به رنگ تقسیم بندی می شوند بعد از تثبیت حرارتی سلّولها توسّط یک رنگ بنفش و محلول رقیق یدبا اضافه نمودن الکل یا استن آبی تیره می شوند. پس از این رنگ آمیزی بعضی گونه ها بسرعت رنگ خود را از دست داده (ولی رنگ سافرانین صورتی را جذب می کنند) لذا گرم منفی نامیده می شوند. بقیّه گرم مثبت هستند زیرا رنگ آبی تیره را حفظ می کنند. این رنگ آمیزی بعد از کشف آن به وسیلهٔ کریستین گرم در سال ۱۸۸۴ رنگ آمیزی گرم نامیده شد. البتّه این رنگ آمیزی به چندین صورت انجام می شود لیکن نتایج یکسانی دارد. صفات دیگر مورد استفاده در طبقه بندی باکتریها در مباحث بعدی توضیح داده خواهد شد.

زیر سلسلهٔ آرکی باکتریوفی تینه ARCHAEBACTERIO PHYTINEAE

آرکی باکتریها ARCHAEBACTERIA

آرکی باکتریها یکی از دو گروه موجودات زندهٔ ابتدایی شناخته شده را تشکیل می دهند. آنها از نظر متابولیسم، ترتیبهای بازی RNA منحصر به فرد، فقدان اسید مورامیک در دیواره های سلّولی، و محصولات لیپیدی مشخّص اساساً از باکتریهای دیگر یعنی باکتریهای حقیقی تفاوت دارند. این تفاوتهای اساسی باعث شده است که نظر بیولوژیستهای دانشگاه ایلی نویز آمریکا یعنی کارل ووز[1] و همکارانش به تحقیقات قابل توجّهی در زمینهٔ آرکی باکتریها، هدایت و پیشنهاد شود که این موجودات زنده به یک سلسلهٔ مخصوص به خود تعلّق دارند. در حال حاضر سه گروه مشخّص از آرکی باکتریها وجود دارد.

باکتریهای متان

باکتریهای متان که سهم بزرگی از آرکی باکتریها به شمار می روند با دادن اکسیژن کشته می شوند و تنها در شرایط بی هوازی در مردابها، اقیانوسها، رسوبات دریاچه ها، چشمه های آب گرم، سیستم گوارشی جانوران، گیاهان موجود در فاضلابها، و دیگر مکانهایی که با هوا در تماس نیست فعّال هستند. آنها انرژی موردنیازشان را، با ایجاد گاز متان از دی اکسید کربن و هیدرژن به دست می آورند، متان یا گاز مرداب یک بخش اصلی گاز طبیعی بوده و ممکن است بخش اعظم گاز آتمسفر در دورانهای گذشته زمین شناسی را تشکیل می داده است. این گاز اکنون در اتمسفر سیّاره های مشتری، زُحل، اورانوس و نپتون وجود دارد و جزء اصلی

1- Carl woese

«چاله های آتش می باشد که عامل انفجارات شدید معادن است. متان هنگامی که فقط ۵ تا ۶ درصد هوا را تشکیل دهد خواهد سوخت و نور رقصنده و متحرّکی بنام ایگنیس فاتوس[1] یا «ویلودویسپ»[2] که گاهی در شب بالای باتلاقها و مکانهای مردابی دیده می شود ایجاد می نماید. و این ظاهراً از آتش سوزی خود به خودی گاز متان حاصل می گردد.

باکتریهای نمکی

مسافران هوایی که به سواحل غربی آمریکا و یا جاهای دیگری که دریاچه های نمکی در حال تبخیر وجوددارد مسافرت می کنند از دیدن رنگ قرمز دریاچه ها از بالا تعجّب می کنند. رنگ قرمز، به یک گروه مشخّص از آرکی باکتریها بنام باکتریهای نمکی تعلّق دارد. آنها قادرند متابولیسم خود را در شرایط نمکی شدید که سلّولهای زنده دیگر را از بین می بردانجام دهند. باکتریها شکل ساده ای از فتوسنتز را به کمک رنگدانهٔ قرمزی که متّصل به غشاست انجام می دهند بنام باکتریورودپسین. غلظت نمک درون سلّول بسیار کمتر از محیط اطراف است ولی متابولیسم آنها با محیط بطور تنگاتنگی در ارتباط است بطوری که اگر باکتریها در آبی با غلظت نمک کمتری قرار گیرند از بین می روند.

باکتریهای سولفولوبوس

باکتریهای سولفولوبوس، گروه سوّمی از آرکی باکتریها را تشکیل می دهند که اعضای آن در چشمه های گوگردی گرم یافت می شوند. متابولیسم متداول این باکتریها به آنها اجازه می دهد که نه تنها در حرارت بالا (اکثراً در محدوده ۸۰°C (۱۷۶°F))، و برخی در ده درجه زیر نقطهٔ جوش متابولیسم خوبی دارند) بلکه در محیط زیستی که بطور استثنایی اسیدی است زندگی نمایند. چشمه های آب گرم غالباً PH معادل ۷ می باشد). یک جنس از باکتریها در این گروه بنام ترموپلاسما به وسیلهٔ فقط یک غشای پلاسمایی احاطه می شود و دیوارهٔ سلّولی ندارند. این باکتری، تنها در خاکسترهای رگه های ذغال سنگ مشاهده شده است. جنس دیگر (ترموپروتئوس) به نواحی و نوارهای گرم زمین شناسی در ایسلند محدود می شود.

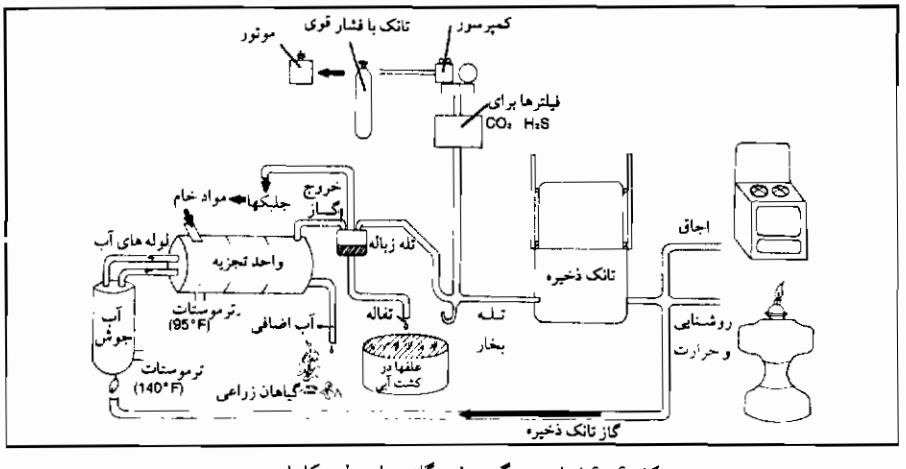
روابط انسان با آرکی باکتریها

در آینده باکتریهای متان در مقیاس وسیعی ممکن است برای تهیّهٔ انرژی برای سوخت

1- Ignis fatuus 2- Will-O'-the wisp

ماشینها و ایجاد گرما، پخت و پز ، و ایجاد نور، مورد استفاده قرار گیرند. در آن زمان گاز متان تولید شده توسّط باکتریها جانشین گاز طبیعی خواهد شد. متان دارای عدد اکتان ۱۳۰ می باشد و بیش از ۴۰ سال است که در ایتالیا به عنوان سوخت موتور استفاده می شود. این گاز تمیز، غیر آلوده کننده، بی ضرر و غیر سمّی است. عمر موتورهای اتوموبیل را طولانیتر می کند، همچنین اتوموبیلها را قادر می سازد راحت تر شروع به حرکت کنند. در غیاب اکسیژن، متان از باکتریها به عنوان مادّهٔ آلی زاید گوارشی دفع می شود. مقدار ۹ کیلوگرم کود اسب یا ۴/۵ کیلوگرم کود خوك اگر روزانه توسّط یک دستگاه تولید کنندهٔ متان مصرف شود گاز موردنیاز برای رفع احتیاجات پخت و پز متوسّط یک بانوی آمریکایی را ایجاد می کند. برای تولید مقدار مشابهی گاز متان مادّهٔ گیاهی سبز بمراتب کمتری لازم می باشد.

یک گوارندهٔ اساساً تشکیل شده است از یک استوانهٔ بسته از هوا که بعد از این که گاز تولید شد، به وسیله لوله ای به مخزن ذخیره ای به منظور کشیدن گل و لای مرتبط می شود (شکل ۶-۱۶). گرچه زباله های کشاورزی و شهرداری مقداری فلزّات سمّی را با خود حمل می کنند ولی گل و لای خود کود عالی را تشکیل می دهند. در فرانسه بیش از هزار کارخانهٔ متان فعّال در اواسط دههٔ ۱۹۵۰ وجود داشت. در هندوستان جایی که گاوها سالانه بیش از ۸۱۲ میلیون تن کود تولید می کنند، تعدادی از روستاها نیازهای سوختی خود را به وسیلهٔ گوارنده های متان از طریق مصرف کود برطرف می کنند. هم اکنون [در سال ۱۹۹۲ ، مترجم] در بعضی مناطق روستایی ایالات متحدّه در مقیاس کمتری انجام می شود. متان منبع اصلی هیدروژن در تولید تجاری آمونیاك می باشد.



شکل ۶-۱۶ یك دستگاه تولید گاز متان بطور کامل.

زیر سلسلهٔ یوباکتریوفیتینه EUBACTERIOPHYTINEAE باکتریهای حقیقی

شاخهٔ یوباکتریو فیتا Eubacteriophyta

ردهٔ یوباکتریا Eubacteriae ـ باکتریهای ارغوانی، سبز گوگردی بدون رنگدانه

یوباکتریا یا باکتریهای حقیقی در دیواره‌های سلّولی خود دارای اسید مورامیک هستند و از چندین جنبهٔ اساسی، با آرکی باکتریها اختلاف دارند (به مقدّمهٔ آرکی باکتریها مراجعه شود). باکتریهای حقیقی اجتماعات ناهماهنگی را تشکیل داده و بیشتر هتروتروف هستند (موجودات زنده‌ای که قادر نیستند موادّ غذایی خود را سنتز کنند بنابراین به موجودات زندهٔ دیگر وابسته هستند). اکثر باکتریهای هتروتروف کودرُست هستند (موجودات زنده‌ای که موادّ غذایی خود را از موادّ آلی غیر زنده به دست می‌آورند). باکتریهای کودرست در کنار قارچها مسؤول تجزیه و به چرخه در آوردن تمام انواع موادّ آلی خاك هستند. بعضی فعالیتهای آنها در به چرخه در آوردن مواد در فصل ۲۴ در بحث مربوط به چرخهٔ ازت توضیح داده می‌شود. دیگر باکتریهای هتروتروف انگل می‌باشند (موجودات زنده‌ای که برای به دست آوردن موادّ غذایی به موجودات زنده دیگر وابسته‌اند). چندین انگل که سبب بیماریهای مهمّ انسانی می‌شوند در ادامهٔ فصل بررسی می‌شوند.

باکتریهای اتوتروف

چند گروه از باکتریهای حقیقی، از نظر اتوتروف بودن به گیاهان سبز شباهت دارند، یعنی توانایی سنتز ترکیبات آلی از موادّ غیر آلی را دارند. ولی بعضی بدون تولید اکسیژن به عنوان یک محصول فرعی فتوسنتز انجام می‌دهند. باکتریهای فتوسنتز کننده، باکتریهای گوگردی ارغوانی، باکتریهای غیر گوگردی ارغوانی و باکتریهای گوگردی سبز را شامل می‌شوند. باکتریهای سبز ـ آبی و پروکلرو باکتریها که در فتوسنتز، اکسیژن تولید می‌کنند بطور مجزّا بعداً در همین فصل توضیح داده می‌شوند. سلّولهای دو گروه اوّل به علّت حضور مخلوطی از رنگدانه‌های قرمز، زرد و سبز ظاهر ارغوانی رنگ یا گاهی قرمز تا قهوه‌ای دارند. رنگدانه‌های سبز باکتریو کلروفیل (چندین رنگدانه مرتبط به هم در این نوع وجود دارد) بسیار شبیه کلروفیل a در گیاهان عالی می‌باشند.

در باکتریها پلاست وجود ندارد. در عوض رنگدانه‌های آنها در تیلاکوییدها یا اجسام

کروی کوچک قرار دارند. در فتوسنتز باکتریهای ارغوانی از سولفید هیدروژن (گاز بدبویی با بوی تخم مرغ فاسد شده) به جای آب که در گیاهان تکامل یافته به مصرف می رسد استفاده می کنند. معادلهٔ کلّی این پدیده به شرح زیر است:

$$CO_2 + 2H_2S \xrightarrow[\text{نور}]{\text{باکتریوکلروفیل}} (CH_2O) + H_2O + 2S$$

دی‌اکسید کربن — سولفید هیدروژن — هیدرات کربن — آب — گوگرد

معادله برای باکتری غیر گوگردی ارغوانی مشابه می باشد لیکن هیدرژن از ملکولهای آلی به جای سولفید هیدرژن استفاده می شود. باکتریهای گوگردی سبز از سولفید هیدرژن استفاده کرده ولی کلروفیل آنها بنام کلروفیل کلروبیوم بطور قابل ملاحظه ای از نظر شیمیایی با کلروفیلهای گیاهان تکامل یافته متفاوت است.

گروههای دیگر باکتریها شمو اتوتروف هستند، یعنی قادرند انرژی مورد نیاز خود را از ترکیبات یا عناصر مختلف توسّط واکنشهای شیمیایی و به وسیلهٔ اکسیده کردن گروههای غیر آلی احیا شده مانند NH_4 و H_2S و Fe^{2} یا اکسیده کردن گاز هیدرژن (پانوشت واکنشهای اکسیداسیون ـ احیا در فصل ۱۰) به دست آورند. باکتریهای شمو اتوتروف شامل: باکتریهای آهن است که ترکیبات محلولی آهن را به موادّ غیرمحلول تبدیل می کنند که به صورت رسوب انباشته می شوند (مثلاً رسوبات لوله های آب). باکتریهای گوگردی که قادرند گاز سولفید هیدرژن را به عنصر گوگرد، و گوگرد را به سولفات تبدیل کنند. و همچنین شامل باکتریهای هیدروژن می شود که در خاکها رشد می کنند و ملکولهای هیدرژن حاصل از فعّالیتهای باکتریهای بی هوازی و باکتریهای تثبیت کنندهٔ ازت را مصرف می کنند. باکتریهای ازتی و تثبیت کنندهٔ ازت، یک گروه مهم از باکتریها هستند که از لحاظ اکولوژیکی نقش مهمّی در چرخهٔ ازت دارند (فصل ۲۴).

روابط انسان و باکتریهای گوگردی ارغوانی ـ سبز و بدون رنگدانه

کمپوست و کمپوست سازی

مدّتهای طولانی قبل از آن که باکتریها شناخته شوند، کشاورزان مبتدی توده های ناهمواری از علفها، زباله ها، کودها، و مواد زاید دیگر را آماده می کردند. آنها مشاهده

می کردند که توده ها به بخش کوچکی از حجم اوّلیهٔ خود کاهش پیدا کردند و به یک مادّهٔ نرم سیاه رنگی یعنی کمپوست تبدیل می شدند که خاك را اصلاح کرده و غنی می ساخت. امروزه تودهٔ کمپوست در مرکز فعّالیتهای تعداد زیادی از باغبانان و زارعین قرار دارد. تعدادی از اجتماعات قوانینی را وضع نموده اند مبنی بر تأمین جایگاهی برای کمپوست شدن زباله ها، و تعداد زیادی از شهرها به کمپوست نمودن برگها و سایر زباله های خیابانی مبادرت می کنند. آنها متوجّه شده اند که این کار نه تنها هوا را از آلودگی نجات می دهد بلکه یک محصول مفید و اکولوژیکی تولید می شود (تصویر ۷-۱۶).

شکل ۷-۱۶ کمپوست. سمت چپ زباله و برگ قبل از کمپوست. سمت راست بعد از کمپوست شدن.

چون باکتریها در همه جا وجود دارند، یک برگ یا بافت غیر زنده در یک توده با هر اندازه تجزیه می شود. ولی یک تودهٔ کمپوست ایده آل به پهنای ۲ متر، عمق ۱/۵ متر و به طول حداقل ۲ متر می باشد. اگر توده طول و عرض و یا عمق کمتری داشته باشد شرایط مطلوب برای تجزیهٔ مواد (به وسیلهٔ باکتریها) با سرعت کمتری به وجود می آید.

هر تجمّعی از زباله ها، برگها، گیاهان، چمنهای چیده شده و یا کود که ممکن است روی هم انباشته شوند این تجزیه را شروع می کنند. هیچ محیط کشت اضافی برای شروع تجزیه هم لازم نیست. اگر موادّ مناسب برای تجزیه وجود داشته باشد تعداد

میکرو ارگانیسمهای تجزیه کننده بسرعت افزایش یافته و گرمای زیادی تولید می شود. در حقیقت حرارت در مرکز کمپوست غالباً تا ۷۰ درجهٔ سانتی گراد بالا می رود. هنگام افزایش دما جمعیت میکرو ارگانیسمهای سازش یافته با دماهای بالاتر جانشین انواع سازش نیافته می شوند. بقایای میکرو ارگانیسمهای سازش نیافته نیز به کمپوست اضافه می شوند. درجهٔ حرارت بالا همچنین دانه های بسیاری از علفهای هرز و بیشتر میکرو ارگانیسمهای بیماری زا را از بین می برد.

نسبت کربن به ازت موجود در کمپوست، سرعت فعّالیتهای میکرو ارگانیسمها را تعیین می کند. نسبت کربن به ازت معادل $\frac{۳۰}{۱}$ ایده آل است. اگر نسبت کربن خیلی بیشتر شود رشد میکروبی متوقّف می گردد. اگر نسبت کربن به ازت پایین بیفتد ازت به صورت آمونیاك از دست می رود.

اگر این موادّ مرطوب شده و در معرض هوا زیر و رو شوند کمپوست ممکن است تا دو هفته تکمیل شود. خردکردن مواد، سطوح بیشتری را برای فعّالیت میکرو ارکانیسمها ایجاد نموده و لذا عمل کمپوست سازی سریعتر انجام می شود. کمپوست سازان عموماً از موادّی مانند برگهای گردو و اوکالیپتوس استفاده نمی کنند زیرا ترکیبات باز دارنده ای برای رشد گیاهان دیگر دارند و لذا اگر برای نرم کردن و مخلوط کردن با خاك به کار روند از رشد گیاهان جلوگیری می کنند. خیزران و بعضی انواع برگهای سرخس (فروند) برای تجزیه توسّط باکتریها مقاوم هستند و از موادّ دیگر کندتر تجزیه می شوند. کود گربهٔ خانگی دارای مراحلی از چرخهٔ زندگی انگلی می باشد که قادر است به انسان منتقل شود. اگرچه روشهای کمپوست سازی مناسب باعث کشته شدن این انگل نیز می شود. ولی تقریباً همه گونه مادّهٔ آلی مناسب می باشد.

در حالی که ارزش کمپوست برای خاك غیرقابل انکار است لیکن مقدار و مصرف آن به عنوان کود محدودیتهایی دارد. محتویات ازت یک کمپوست خوب حدود ۲ تا ۳ درصد، فسفر ۰/۵ تا ۱ درصد، پتاس ۱ تا ۲ درصد می باشد. در حالی که در مقایسه با آن مقدار این عناصر در کودهای شیمیایی ۵ تا ۱۰ برابر است. لیکن با افزایش روز افزون کودهای شیمیایی و همچنین مشکلاتی که در نتیجهٔ استفاده از آنها حاصل می شود و از طرفی آگاهی عموم از تجمعّ زباله های جامد در معرض دید بطور مسلم نقش مهمّ کمپوست را در فعّالیتهای کشاورزی مناسب در آینده روشن می کند.

باکتریهای حقیقی و بیماری

محاسبه شده است که بیماریهای گیاهی بتنهایی سبب می شوند کشاورزان آمریکایی سالانه بیش از ۴ میلیارد دلار خسارت ببینند. اگرچه بسیاری از بیماریهای گیاهی به وسیلهٔ قارچها ایجاد می شوند لیکن تعدادی از آنها در ارتباط با باکتریها هستند. باکتریها بیماریهایی را در گلابی، سیب زمینی، گوجه فرنگی، کدو، هندوانه، هویج، پرتقال، کلم، و پنبه، ایجاد می نمایند. باکتریها همچنین سبب خسارات زیادی به موادّ غذایی بعد از برداشت و مراحل بعدی آن می شوند. باکتریها در ارتباط با عاملین بسیاری از بیماریهای شدید جانوران و انسان، بیشتر شناسایی شده اند.

از آن جایی که باکتریها خیلی ریزند و بیشتر قادر نیستند بطور مستقل حرکت کنند، بنابراین چگونه باکتریها منتقل می شوند و چگونه و یا چه نوع فعّالیتی باعث می شوند که موجودی را که میلیاردها برابر اندازه آنهاست از پا در آورند؟ ما مطالب زیادی را از فعّالیتهای آنها در قرن گذشته یاد گرفته ایم و اکنون می دانیم که آنها می توانند از طرق مختلفی به بافتهای انسان منتقل شوند.

روشهای انتقال باکتریهای بیماری زا

انتقال از طریق هوا

هربار انسان سرفه یا عطسه می زند و یا بلند صحبت می کند، یک غبار قابل دیدن از قطرات بزاق ریز تولید می شود (شکل ۸-۱۶). هر قطره دارای باکتری یا میکرو ارگانیسمهای دیگر و مقادیر کمی پروتئین است. رطوبت معمولاً بلافاصله تبخیر شده، ورقهٔ پروتئینی کوچکی که باکتریهای زنده به آن چسبیده اند باقی می ماند. هنگامی که تنفّس معمولی صورت می گیرد اینها بزودی مسیر خود را به سمت مجاری تنفّسی انسان یا جانور دیگر پیدا می کنند مخصوصاً اگر محدود به فضای یک اتاق باشد. خوشبختانه مقاومتهای طبیعی بیشتر اشخاصی که از این طریق باکتریها را دریافت می کنند مانع تکثیر باکتری و ایجاد بیماری توسّط آنها می شود. ولی هنگامی که مقاومتی وجود نداشته باشد بیماریهایی مانند دیفتری، سیاه سرفه، بعضی اشکال منتژیت و سینه پهلو و گلو دردهای استرپتوکوکی ایجاد می شوند. پسیتاکوز. یک بیمارس است که به وسیلهٔ پرندگان منتقل می

شود و از طریق تنفّس کلامیدیاز (Clamydias) عارض می شود، این میکرو ارگانیسم فوق العاده کوچک است و قادر به تولید ملکولهای ATP خود نیست. ظاهراً آنها انگلهای انرژی بوده و به سلّولهای میزبان به خاطر انرژی مورد نیاز برای فعّالیتهای خود نیازمندند. بعضی کلامیدیازها از طریق آمیزش منتقل می شوند و در سالهای اخیر انتشار وسیع آنها برای انسانها مشکل آفریده است.

شکل ۸-۱۶ عکس در حال عطسه‌زدن

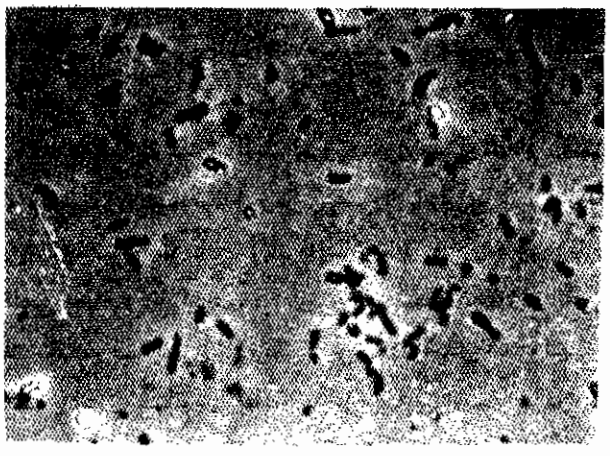
انتقال از طریق موادّ غذایی و نوشیدنیهای آلوده

در گذشته فاضلابهای روباز و شرایط غیر بهداشتی برای تهیّهٔ موادّ غذایی تعدادی از بیماریهای باکتریایی را سبب می شد مانند وبا، اسهال خونی، مسمومیتهای ناشی از استافیلوکوك و سالمونلا و تیفوئید و تبهای پاراتیفوییدی که به حدّ اپیدمی می رسیدند. گرچه مسمومیّت غذایی استافیلوکوك که بندرت کشنده است امروزه هنوز نسبتهً متداول است ولی کشورهای متمدّن بندرت با بیماریهای همه گیر و اپیدمی ناشی از باکتریها سروکار دارند. مگر این که یک بلای طبیعی مانند سیل یا طوفان جریان فاضلاب طبیعی را برهم بزند. بیماریها بیشتر اوقات توسّط ناقلینی که با موادّ غذایی تماس دارند و یا توسّط مگسهای خانگی منتشر می شوند. باکتری سالمونلا غالباً در صدفهای زنده تکثیر می شود تا حدّی که دولتهای ایالات متحدّه و کشورهای دیگر که با آبهای اقیانوسی مجاورند در مورد برداشت آنها در زمانهای مشخّصی برای کاهش آلودگی انسان از مصرف بدون پخت کافی آنها ممنوعیتهایی را اعمال نموده اند. این باکتریها در سیستم گوارشی تکثیر حاصل نموده و از آن جا به بخشهای دیگر بدن

منتشر می شوند.

بعضی باکتریها (مانند باکتری مسؤول بیماری لژیون که در سال ۱۹۷۶ تعداد ۳۴ نفر از سربازان لژیون آمریکا را که در اجتماعی در هتل فیلادلفیا گرد آمده بودند از بین برد و سالانه حدود ۵۰۰۰۰ آمریکایی به آن آلوده می شوند)معمولاً بر روی جلبکهای آب شیرین و آبهای جاری و دریاچه ها و مخازن آب یافت می شود. آنها معمولاً از لولهٔ گوارش انسان بطور بی ضرری بدون تکثیر عبور می کنند ولی گاهی بعضی عوامل تولید مثل آنها را تحریک کرده و غالباً با نتایج کشنده ای همراه می باشد.

کشنده ترین سمّ بیولوژیکی شناخته شده به وسیلهٔ یک باکتری با نام علمی کلوستریدیوم بوتولینم (Clostridium botulinum) (تصویر ۹-۱۶) تولید می شود. نام آن از بوتولوس واژهٔ لاتین برای سوسیس گرفته شده است. چون باکتری اوّلین مرتبه در اشخاصی که سوسیسهای آلوده در پیک نیک مصرف کرده و مرده بودند کشف شد. برخلاف مسمومیّت غذایی سالمونلا، بوتولیسم یک عفونت نیست ولی اثر سمّی آن ناشی از یک مادّهٔ تولید شده به وسیلهٔ باکتری است که می تواند در شرایط بی هوازی (در غیاب اکسیژن) و در تهیّه و ذخیرهٔ نامناسب موادّ غذایی رشد و تکثیر کند. خصوصاً شناخته شده است که کنسروهای خانگی لوبیا، چغندر، ذرّت و مارچوبه، اجازهٔ رشد باکتری بوتولیسم را می دهند. تنها یک گرم از این سم برای کشتن ۱۴ میلیون انسان بالغ کافی است و کمی بیش از نیم کیلوگرم آن می تواند نسل انسان را نابود کند.



شکل ۹-۱۶ باکتری بوتولیسم.

باکتریها که در اکثر خاکها حضور دارند تولید اسپورهای مقاوم به حرارت را می کنند و لذا در هر غذایی که آلوده به خاك باشد وجود دارند. آنها ممکن نیست که در حرارت کنسروسازی از بین بروند مگر این که مادّهٔ غذایی برای ۳۰ دقیقه جوشانده شود. این باکتریها معمولاً در موادّ غذایی نگاهداری شده در آبهای شور با حدّاقل ۱۰ درصد نمک (کلرید سدیم) یا محیطهای اسیدی مثل عصاره تولید شده از میوه های هسته دار قادر به رشد نخواهند بود، سمّ مستقیماً در معده و روده جذب شده، روی اعصاب و ماهیچه ها اثر گذاشته و باعث فلج شدن می گردد. در حالی که بعضی پادزهرها در دسترس قرار دارند لیکن پادزهرها بعد از این که علائم بیماری پیشرفت کردند بی اثر می شوند.

مرگهای گزارش شده از بوتولیسم در ایالات متحدّه در دههٔ ۱۹۳۰ به ۲۵ نفر در سال رسید ولی بعد از آن به ۵ تا ۶ مورد در سال کاهش یافت. اگرچه مدارکی وجود دارد که مرگهای کودکانی که تا کنون شناخته نشده است به بوتولیسم مربوط می شود. به دلایلی که هنوز روشن نیست باکتری بوتولیسم که از سیستم گوارشی انسان بالاتر از سنّ ۶ ماهگی بطور بی ضرر عبور می کند، ممکن است در روده کودکان بین ۱ تا ۶ ماهگی تکثیر نماید. بین سالهای ۱۹۷۶ تا ۱۹۸۰ تعداد ۱۷۰ مورد از مرگ ناگهانی کودکان گزارش شده است که ظاهراً به بوتولیسم مرتبط است. شواهد کنونی پیشنهاد می کند که مسؤول حدود ۵ درصد از ۸۰۰۰ مورد مرگ ناگهانی کودکان است که سالانه در ایالات متحدّه روی می دهد.

انتقال از طریق تماس مستقیم

باکتریهای مسؤول بیماریهایی نظیر سفلیس، سوزاك، سیاه‌زخم و بروسلوز از طریق پوست و یا غشاهای مخاطی (غشاهایی که دارای مجاری یا منافذی به سمت خارج بدن هستند) به بدن وارد می شوند. سفلیس و سوزاك از طریق مقاربتهای جنسی و گاه از طریق حوله و توالتهای عمومی منتقل می شوند، در سال ۱۹۷۶ میلادی در ایالات متحدّه سوزاك بیشترین مقدار آلودگی را نسبت به بیماریهای مسری دیگر گزارش شده داشت. علی رغم افزایش احتیاط که از زمان بروز AIDS توسّط عموم صورت می گیرد، سالانه بیش از یک میلیون آمریکایی آلوده می شوند. علائم سفلیس و سوزاك که باعث جراحتهایی در آلتهای تناسلی می شوند گاهی ممکن است پس از چند هفته ناپدید شوند، بنابراین قربانی را براین باور می سازد که بهبود یافته

است ولی غالباً علائم مجدّداً در زمانهای بعد و در بخشهای متفاوتی از بدن ظاهر می شوند. هردو بیماری هنگامی که سریعاً معالجه شوند علاج پذیرند، ولی خیلی مهمّ است که درمان ادامه یابد، چون سهل انگاری در این زمینه، منجر به عقیم شدن، کوری و حتّی مرگ می شود.

سیاه زخم که در اصل بیماری گاوها و دامها و حیوانات وحشی است گاهی به انسان منتقل می شود بخصوص در کارکنان صنایع پوست و پشم. اگر درمان کافی و زود انجام شود این بیماری نیز می تواند مانند سفلیس و سوزاك درمان شود، لیکن اگر به آن اجازهٔ پیشرفت داده شود ممکن است کُشنده باشد. بروسلوز بیماری دیگری است که مربوط به دامها می شود ولی گاهی از طریق تماس مستقیم یا مصرف شیر آلوده به انسان منتقل می شود. این بیماری به علّت افزایش و کاهش دما در بیمار که ظاهراً مربوط می شود به آزاد سازی سمّ به وسیلهٔ باکتری تب مالت نیز نامیده می شود.

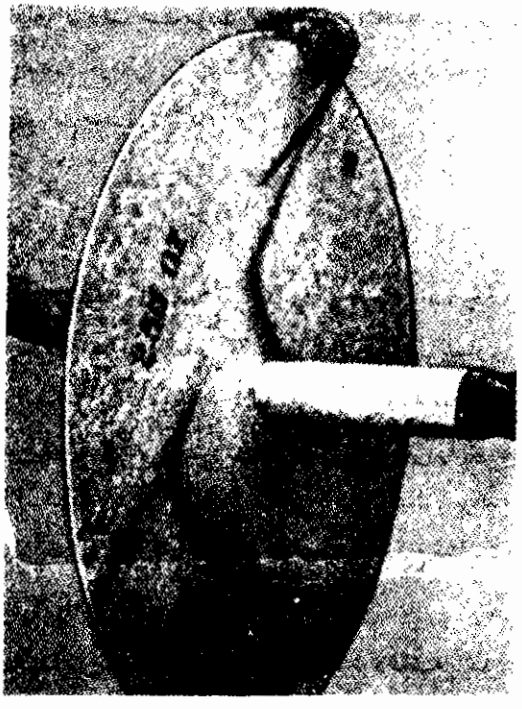
انتقال از طریق جراحتها

هنگامی که فردی روی ناخنهای آلوده راه برود یا زخمی ایجاد شود بطوری که آلودگی بتواند به بافتهای بدن راه یابد باکتریهای کزاز که از میکرو ارگانیسمهای متداول خاك هستند، ممکن است به یاخته های مرده و یا تخریب شده راه یابند. در آن جا آنها تکثیر شده و تولید سمّی قوی و کُشنده می نمایند بطوری که تنها ۰/۰۰۰۲۵ گرم آن می تواند فرد بالغی را از پای در آورد ولی در مقایسه حدود ۱۵۰ برابر استرکنین لازم است که همان اثر را داشته باشد. کنترل کزاز از طریق مصونیت دادن مؤثّر و متداول شده است. فقط ۲۱ مورد کزاز در سال ۱۹۸۹ در ایالات متحدّه گزارش شده است. چند باکتری نزدیک به هم از طریق مشابهی به بدن منتقل می شوند و مسؤول قانقاریای کشنده هستند که به میزان وسیعی در گذشته در میادین جنگ باعث ترس و وحشت بوده اند لیکن اکنون با استفاده از فنون و تکنیکهای ضدّعفونی و آنتی بیوتیکها، کنترل می شوند.

انتقال از طریق گزش حشرات و جانوران دیگر

طاعون یا مرگ سیاه و تولارمیا، دو بیماری باکتریایی هستند که توسّط کک، مگس، کنه و شپش، منتقل می شوند که انگل جانوران آلوده خصوصاً جوندگان هستند.

ککهای موش روی موشهای آلوده که در زباله ها، فاضلابها، انبارها، و کشتیها دیده می شوند باکتریها را از موش و از طریق گزشهایشان به انسان منتقل می کنند. از سال ۱۹۰۰ این بیماری در سنجابهای زمینی و دیگر جوندگان بخصوص در غرب ایالات متحدّه دیده شده است. در گذشته طاعون با سرعت زیادی شیوع پیدا می کرده و به صورت همه گیر و اپیدمی پخش می شد. در سال ۱۶۶۵ در لندن صدها هزار نفر در اثر این بیماری هلاك شدند. عقیده براین است که بین سالهای ۱۳۴۷ تا ۱۳۴۹ میلادی $\frac{1}{4}$ جمعیّت تمام اروپا در اثر این بیماری تلف شدند (حدود ۲۵ میلیون نفر). امروزه این بیماری در آمریکای شمالی نادر است ولی گاهی خود را در شهرهای آسیا، اروپا، و امریکای جنوبی، بخصوص در شهرهای ساحلی نشان می دهد. کنترل این بیماری در حقیقت بستگی به کنترل موشها و ککها دارد. ریشه کن نمودن کامل آن غیر ممکن است و همچنین مربوط به واکسیناسیون است که برای حدود ۶ تا ۱۲ ماه مصونیّت ایجاد می نماید.



شکل ۱۰-۱۶ یك موش در حال بالا رفتن از مانع.

تولارمی اصلاً یک بیماری حیوانات می باشد، ولی ممکن است از طریق نیش کنه یا مگس آلوده به انسان منتقل شود. این یک بیماری شغلی است برای افرادی که با گوشت سروکار دارند و در ۵ تا ۸ درصد موارد کشنده است. کنه، شپش و کک ممکن است همچنین ریکتسیاها را که عامل تیفوس و تب خال هستند منتقل کنند. ریکتسیاها باکتریهای، بسیار کوچکی هستند که درون سلّولهای یوکاریوت زندگی می کنند. PPLO موجودات شبه ذات الریّه نیز باکتریهای بسیار ریزی هستند که ممکن است به طرق مختلف انتقال یابند. اینها دیوارهٔ سلّولی نداشته و بنابراین کاملاً متغیّرند. آنها در بسیاری از گیاهان، در چشمه های آب گرم و در سطوح مرطوب سیستم تنفّسی و روده های حیوانات و انسان دیده می شوند. PPLO مسؤول ذات الریّه انسان و بسیاری از بیماریهای گیاهی است. آنها تنها پروکاریوتهای شناخته شده ای هستند که به عنوان یک گروه نسبت به پنی سیلین مقاوم هستند.

بیماری لایم که در اروپا در آغاز قرن جاری شناخته شد از سال ۱۹۷۵ که ابتدا در لایم کونکتیکوت اتّفاق افتاد بسرعت در سراسر ایالات متحدّه گسترش یافت. این بیماری که شبیه بیماری آرتروز است به وسیلهٔ یک باکتری ایجاد می شود که از طریق کنهٔ آهو به انسان سرایت نموده و وارد جریان خون می شود.

فرضیه های کُخ

از آن جایی که بسیاری از باکتریها در همه جا وجود دارند، چگونه می توان مشخّص نمود که یک باکتری به دست آمده از یک فرد حقیقةً باکتری مسؤول بیماری می باشد؟ یک پزشک آلمانی بنام رابرت کُخ (تصویر ۱۱-۱۶)، در نیمهٔ دوم قرن نوزدهم به خاطر تحقیقاتش در مورد سل و سیاه زخم، شناخته شد. کخ در نتیجهٔ تحقیقاتش قوانینی را بنیان گذاشت برای اثبات این که یک میکرو ارگانیسم بخصوص عامل بیماری خاصّی است. قوانین او با تغییرات اندکی هنوز دنبال می شود. این قوانین که اکنون به عنوان فرضیّات کخ شناخته شده اند ماهیّت آنها به شرح زیر است:

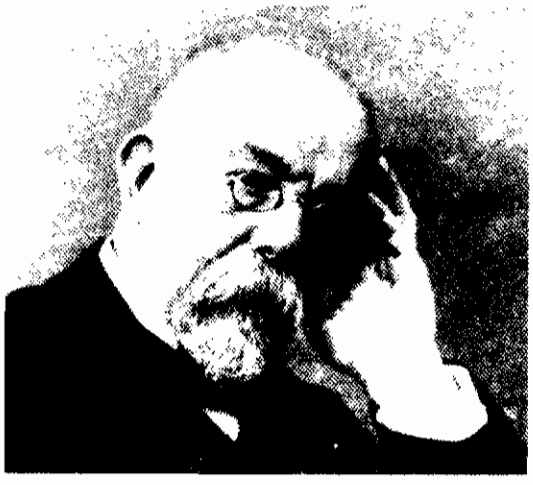
۱- میکرو ارگانیسم در تمام مراحل بیماری باید وجود داشته باشد.

۲- میکرو ارگانیسم به صورت کشت خالص (یعنی محیط کشتی که فقط از همان

ارگانیسم داشته باشد) باید جدا سازی شود.

۳- هنگامی که میکرو ارگانیسم از یک محیط کشت خالص به میزبان خاص تزریق شود باید آن بیماری را ایجاد کند.

۴- میکرو ارگانیسم باید از میزبان آلوده مورد آزمایش جدا شده و در محیط کشت خالص مشابه کشت اوّلیه، ظاهر شود.



شکل ۱۱-۱۶ رابرت کُخ.

باکتریهای مفید برای انسان

مدّتهای زیادی است که حشرات آفات گیاهان غذایی از طریق سمّ‌پاشی کنترل شده‌اند. بقایای سمّ‌پاشیها روی میوه‌ها و سبزیجات در بافتهای انسان انباشته شده و تأثیر نامطلوبی دارند. در حالی که در همان زمان ارگانیسمهای زیادی نسبت به سم مصونیت و مقاومت پیدا می کنند. علاوه بر این سم‌پاشیها، ارگانیسمهای مفید را نیز از بین می برند. ازطرفی آبهای روان سموم را وارد دریاچه‌ها و اقیانوسها می کنند که برای جانوران آب زی نیز مضر و کشنده می‌باشند. از آن جایی که اطّلاعات زیادی از تأثیرات نامطلوب استفاده از سموم به دست آمده است، برای مبارزه با آفات محصولات غذایی بایستی وسیلهٔ دیگری را جستجو نمود. امروزه بسیاری از آفات مضر همچنین علفهای هرز را می توان از طریق مبارزات بیولوژیکی کاهش داد (ضمیمهٔ ۲).

سه مورد از چنین کنترلهایی توسّط باکتریها در سازمان کشاورزی ایالات متحدّه به ثبت رسیده است. یکی با نام علمی باسیلوس توریثرانس (Bacillus thuringiensis) (معروف به BT). این باکتری بطور قابل ملاحظه ای بسیاری از کرمهای درختان میوه سبزیجات مانند انواع سوسکهای ساقه خوار درختان میوه، کرمهای ذرّت و کلم، کرمهای شاخدار گوجه فرنگی و میوه ها (شکل ۱۲-۱۶). کرمهای یونجه، کرمهای برگ خوار، و لارو پروانهٔ ها و غیره را از بین می برد. باکریها بسادگی توسّط شرکتهای تجاری تولید می شوند و به صورت پودر خیس شدنی و گرد محتوی میلیونها اسپور فروخته می شوند. هنگامی که اسپورها روی گیاهان غذایی پاشیده می شوند برای انسانها، پرندگان، حیوانات، کرمهای خاکی یا هر موجود دیگر بی ضرر می باشد بجز لاروها و کرمهای نامبرده. زمانی که یک کرم از هر بافتی که اسپورهای BT روی آن است تغذیه کند، باکتریها بسرعت فعّال شده و درون لولهٔ گوارشی آن تکثیر کرده و بزودی روده را فلج می کنند. کرم در ۲ یا ۳ ساعت تغذیه را متوقّف کرده و بآرامی سیاه شده و در مدّت ۲ تا ۴ روز از روی گیاه می افتد.

در سال ۱۹۸۳ یک واریته از BT بنام BTI جهت مبارزه با پشه ها به بازار عرضه شد. این باکتری فقط به لاروپشه (ویلگر) و یک یا دو آفت دیگر حمله می کند. ۶ سال آزمایش روی بیش از ۷۰ گونه از ماهیها، حلزونها، میگو، حشرات هیچ تأثیر منفی روی گیاهان یا جانوران غیر از پشه حتّی در غلظت ۱۰۰ برابر قویتر از آنچه که برای کشتن لارو پشه موردنیاز بود، نشان نداد. استفاده از باکتری برای کنترل پشه در آینده ممکن است عمل مهمّی را در کاهش خسارتها و زیانهای اکولوژیکی انجام دهد چون کنترل پشه دایماً در نتیجهٔ استفاده از سموم صورت می گیرد.

باکتری دیگری بنام باسیلوس پوپیلیه (B. papilliae) نیز به صورت پودر فروخته می شود. در حالی که به میزان زیادی برای نوزادان سوسک ژاپنی مضر هست عارضه ای بنام اسپورلیزی ایجاد نموده و در مدّت چند روز سوسکها می میرند. اسپورها به وسیلهٔ آب باران به سطح خاك آورده شده و توسّط سوسکها و موجودات دیگر تغذیه می شوند.

طبیعةً باکتریها پتانسیل زیادی را در علم در حال توسعه جهت ترمیم محیط زیست در رابطه با استفاده از موجودات زنده جهت زدودن مواد سمّی و آلاینده ها نشان داده اند. یک باکتری آنزیمهایی را تولید می کند که نیترو گلسیرین و تری نیترو تولوئن را که عامل آلودگی خاکهای اطراف کارخانجات مهمّات سازی و محلهای انفجّار است تجزیه می کند. آزمایشات

مقدماتی نشان می دهد که این باکتری قادر است در مدّت ۶ ماه چنین موادّی را به موادّ بی ضرر تبدیل نماید. باکتریهای دیگری نظیر سودوموناس کاپاسیا (Pseudomonas capasia) اعمال مشابهی را با نشتهای روغنی و زباله های شیمیایی که دارای آلاینده هایی مانند تری کلرو اتیلن (TCE) ، کروزوت و حتّی 2,4,5-T موسوم به «مادّهٔ نارنجی» بی برگ کننده که در ویتنام معروفیت یافت انجام می دهند . باکتریهای ضدّ آلودگی ممکن است به موادّ غذایی اضافی نیازمند باشند که بایستی به موادّ آلاینده افزوده شده تا فعّالیتها ی آنها برانگیخته شود. بعضی دانشمندان معتقدند که باکتریها در نهایت برای تجزیهٔ زباله های هسته ای نیز مورد استفاده قرار خواهند گرفت. احتمالاً با توجّه به تحوّلاتی که در آینده جهت برطرف نمودن آلودگیهای محیطی در باکتریهای دست کاری شده و مهندسی شده (به مهندسی ژنتیک که متعاقباً خواهد آمد مراجعه شود) ایجاد می گردد و برای اهداف خاصی تولید می شود در سطح جهانی کاربرد خواهند داشت.

چشم انسان دارای رودوپسین یک پروتئین بسیار حسّاسی است که در کمتر از یک میلیونی اُم ثانیه نسبت به نور واکنش نشان می دهد. ثابت شده باکتریهای خاصّی دارای شکلی از رودپسین هستند که جهت تحقیقات شیمیایی و شیمی بینایی ارزش دارند و منجر به درك ما از نحوهٔ تبدیل انرژی نورانی به بینایی در چشم شده است.

باکتریها یک نقش اساسی در صنایع لبنیّات دارند. شیر که حاوی پروتئینها، کربوهیدراتها، چربیها، موادّ معدنی، و ویتامینها، و حدود ۸۷ درصد آب است دارای ارزش غذایی استثنایی برای جانوران بوده و همچنین یک محیط کشت عالی برای انواع بسیاری از باکتریها است. زمانی که شیر از پستان گاو ترشّح می شود استریل است ولی هنگامی که از بدن گاو خارج شد باکتریها را جمع آوری می کند. شیر اگر تحت شرایط بهداشتی نگاهداری نشود بسرعت فاسد می شود. حتّی پس از پاستوریزاسیون و سرد نگه داشتن آن در یخچال باکتریهای درون آن افزایش می یابد. اگر شیر در ظروف سر باز در یخچالهای خانگی نگاه داشته شود باکتریها پس از ۲۴ ساعت شروع به رشد خواهند نمود.

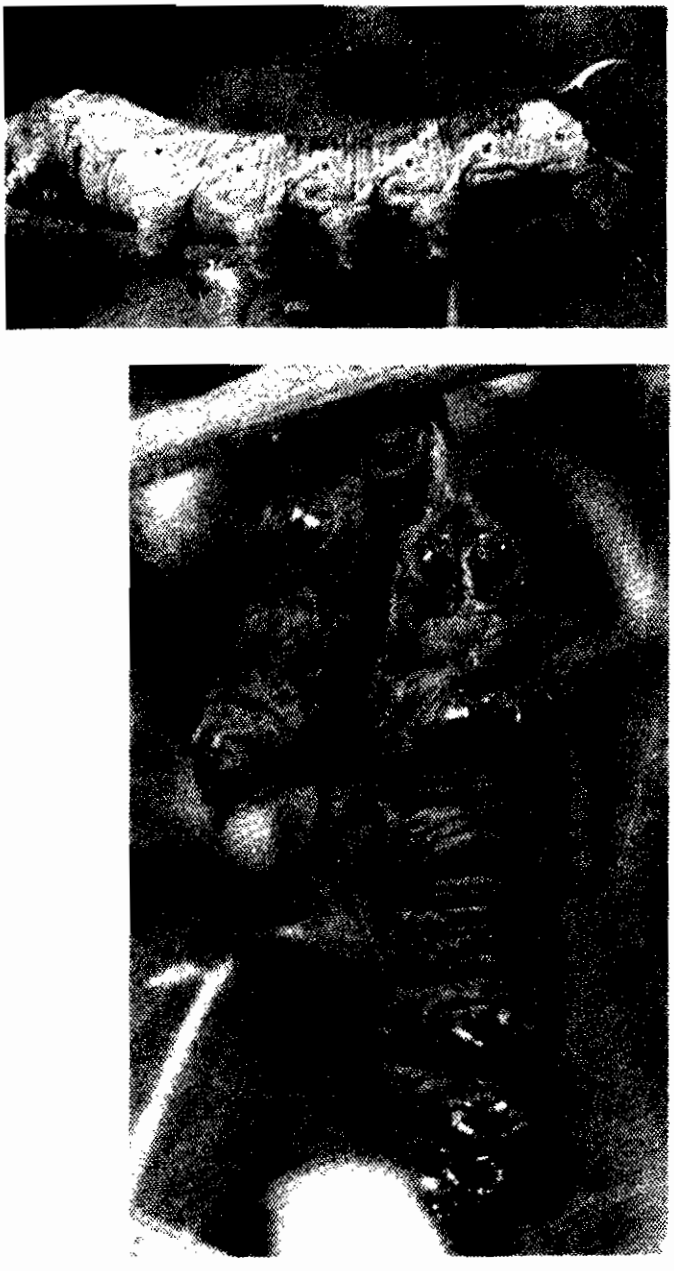
غیر از خود شیر، یا تنها یا به صورت مخلوط (مانند بستنی)، تمام فراورده های لبنی از شیر خام یا پاستوریزه توسّط تلقیح کننده کنترل شده باکتریهای مختلف ، تولید می شوند، چنین فراورده های شامل دوغ، شیر اسیدوفیل، ماست، خامهٔ ترش، کفیر و پنیر می شوند. کشک از بخش آبی شیر و از دلمه جداسازی می شود و همراه نشاسته و ملاس جهت تولید تجاری اسید

لاکتیک استفاده می شود. اسید لاکتیک بطور وسیعی در تولید منسوجات و محصولات پارچه ای در صنایع دبّاغی چرم، به عنوان حلاّل لاك و الکل، و در درمان کمبودهای آهن و کلسیم بدن به کار می رود.

باکتریهای مفیدی مثل لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس Lactobacillus acidophillus (یک باکتری معمولی در مجاری گوارشی سالم) به هضم غذا کمک کرده، خطر سرطان را کاهش می دهد و ممکن است حتّی سطح کُلسترول را نیز پایین آورد. باکتریهای اسیدوفیلوس در کنار آنتی بیوتیکها برای کنترل و رفع آلودگیهای مخمّری زنان بطور گسترده ای استفاده می شوند. محقّقین دانشگاه مینزوتا روی تولید سوشهایی از باکتریهای روده ای که دارای لایه های چسبندهٔ پلی ساکاریدی هستند کار می کنند تا به دستگاه گوارشی مقاومت بخشیده و آن را در مقابل باکتریهای غیر مفید و ناخواسته مصون نماید.

در متابولیسم قندهای مختلف، پروتئینها، و دیگر موادّ آلی توسّط باکتریها محصولات زایدی تولید می شود که در مصارف صنعتی مفید هستند. چنین محصولاتی غالباً به مقادیر زیاد وسیلهٔ باکتریهای کشت شده در ظروف بزرگ تولید می شوند. این محصولات عبارتند از استن که در تولید فیلم عکّاسی، موادّ منفجره و به عنوان یک حلاّل (پاك کنندهٔ لاك ناخن) مورد استفاده دارد. بوتیل الکل حلاّل دیگری است که در تولید لاکها والکلهای سنتزی مورد استفاده دارد. دکستران به عنوان یک متعادل کنندهٔ موادّ غذایی همچنین جانشینی برای پلاسمای خون و سوربوز در تولید اسید اسکوربیک (ویتامین C)، و اسید سیتریک به عنوان یک چاشنی لیمویی برای غذاها مورد استفاده دارند. باکتریها همچنین در تهیّهٔ بعضی از ویتامینها و داروها نقش دارند.

باکتریها در آماده سازی دانه های وانیل، دانه های کاکائو، قهوه، و چای سیاه، و در تولید سرکه، سوس کلم، و ترشی شوید به کار می روند. الیاف برای تهیّهٔ لباسهای کتان از ساقه های گیاه کتان به وسیلهٔ باکتریها جدا سازی می شوند و توده های گیاهان سبز در سیلوها (انبارهای غلاّت) برای تولید علوفه جهت تغذیهٔ گاوها به وسیلهٔ باکتریها تخمیر می شوند. در سالهای اخیر تولید چندین اسید آمینه مهم توسّط باکتریها، مورد بهره برداری تجاری قرار گرفته است. هرسال بیش از ۶۸۰۰ تن از یک اسید آمینه (اسید گلوتامیک) در ایالات متّحده تولید می شود. این اسید آمینه به عنوان یک چاشنی خوشمزهٔ غذایی به صورت گلوتامات مونو سدیم طرفداران زیادی دارد.



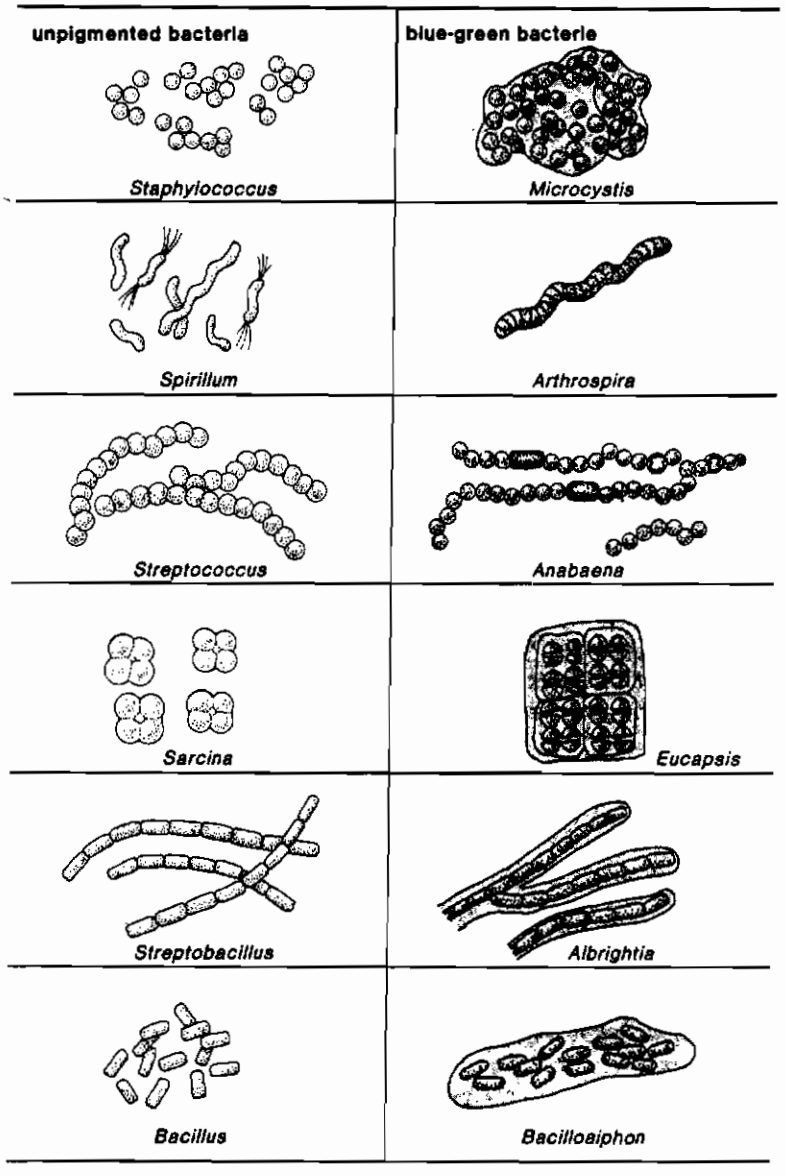
شکل ۱۲-۱۶ کرم آفت گوجه فرنگی قبل و سه روز بعد از اسپری با باکتری باسیلوس تورینجئنس.

در سال ۱۹۸۹ پاتریشیا هرتز از دانشگاه میامی لروی باکتریوم (Brevibacterium) جنسی از باکتریها را کشف کرد که مسؤول بوی پنیرهای بری ولیمبورژر است و همچنین منشأ بوی پا در افراد خاصّی می باشد. بعضی از باکتری کشها در حال آزمایش هستند که به جای این که باکتریها را بکشند تنها بو را جذب می کنند.

ردهٔ سیانو باکتریا(Cyanobacteriae) ، باکتریهای سبز ـ آبی

مقدّمه

در گذشته، جلبکها به عنوان یک گروه از دیگر موجودات به واسطهٔ انجام فتوسنتز، داشتن ساختمانهای نسبةً ساده، و در جلبکهایی که تولید مثل جنسی انجام می دهند، به واسطهٔ داشتن اندامهای جنسی تک سلّولی متمایز می شدند. ولی از هنگامی که جزئیات سلّولی آنها بیشتر شناخته شد، آشکار گردید که اختلافات بین باکتریهای سبز ـ آبی (قبلاً به عنوان جلبکهای سبز ـ آبی مطرح بودند) و جلبکهای حقیقی کاملاً اساسی است. باکتریهای سبز ـ آبی سلّولهای پروکاریوت دارند و این مشابه تمام موجودات دیگر سلسلهٔ مونرا می باشد در صورتی که تمام جلبکهایی که در سلسلهٔ پروتیستا قرار می گیرند دارای سلّولهای یوکاریوت می باشند. در حقیقت باکتریهای سبز آبی خیلی شبیه باکتریهای حقیقی دیگر (شکل ۱۳-۱۶) هستند بطوری که بیشتر زیست شناسان آنها را از جلبکها جدا نموده و در گروه باکتریهای حقیقی قرار داده اند. تفاوتهای اساسی بین باکتریها و باکتریهای سبز ـ آبی عبارت است از این که باکتریهای سبز ـ آبی دارای کلروفیل هستند که در گیاهان تکامل یافته وجود دارد و هنگامی که فتوسنتز انجام می دهند، اکسیژن تولید می شود. همچنین باکتریهای سبز ـ آبی محتوی فیکوسیانین آبی و فیکو ارتیرین قرمز از رنگدانه های گروه فیکوبیلین هستند. باکتریهای سبز آبی تنها موجوداتی هستند که قادرند دو عمل متضاد تثبیت ازت و تولید اکسیژن را با هم انجام دهند. چون تثبیت ازت ضرورةً یک فرایند بی هوازی است. بجز پروکلروباکتریها، باکتریهای دیگر که توانایی انجام فتوسنتز را دارند تولید اکسیژن نمی کنند و کلروفیل a نیز ندارند.



شکل ۱۳-۱۶ شباهت شکل بین باکتریهای بی‌رنگ مختلف و باکتریهای سبز - آبی.

پراکنش

باکتریهای سبز ـ آبی تقریباً مشابه باکتریهای حقیقی دیگر در زیستگاههای متنوعّی یافت می شوند. آنها در حفره ها و برکه های آب موقتی بویژه آبهای آلوده وجود دارند. باکتریهای سبز ـ آبی در آبهای اسیدی دیده نمی شوند ولی بطور فراوانی در آبهای شیرین و دریا در سطح کرهٔ زمین از یخبندانهای قطب جنوب تا دریاهای نواحی گرمسیری ، در چشمه های آب گرم که دمای آنها تا ۸۵ درجهٔ سانتیگراد می رسد وجود دارند. در پارك ملّی یلواستون یک گونهٔ متفاوت از باکتریهای سبز ـ آبی در دماهای متفاوت چشمه های آب گرم وجود دارد. این باکتریها مادّهٔ سفید رنگی رسوب می کنند که مادّهٔ سخت سنگی بنام تراورتین ایجاد می نمایند. این رسوبات به مقدار ۲ تا ۴ میلیمتر در هر هفته انباشته شده و باکتریهای دیگر سبز ـ آبی غالباً رگه های رنگی جالبی را در بین تراورتین ایجاد می کند.

باکتریهای سبز ـ آبی غالباً اوّلین موجودات فتوسنتزی هستند که بر روی گدازه های بعد از فعّالیتهایی آتش فشانی ظاهر می شوند. آنها همچنین در شیارهای ظریف صخره های صحرایی وجود دارند. بعضی در خاکهای جنگلی در سطح صدفها و حلزونها و روی لاك پشتها یافت می شوند در حالی که برخی دیگر به صورت همزیست در انواع متعدّدی از موجودات نظیر آمیبها، پروتوزوآ ، دیاتومها، شقایقهای دریایی و خویشاوندان آنها، در بعضی قارچها، همچنین در ریشه درختان نخل مانند بنام سیکادها (فصل ۲۱) زندگی می کنند. آنها در حفرهای کوچکی از آب که در قاعدهٔ برگهای گیاهان علفی گرمسیری و دیگر گیاهان به وجود می آید یافت می شوند. ساختمان موجودات مرکبّی بنام گل سنگها که از یک قارچ و جز فتوسنتز کننده یعنی جلبک ساخته شده اند (فصل ۱۸) را تشکیل می دهند.

شکل، متابولیسم و تولید مثل

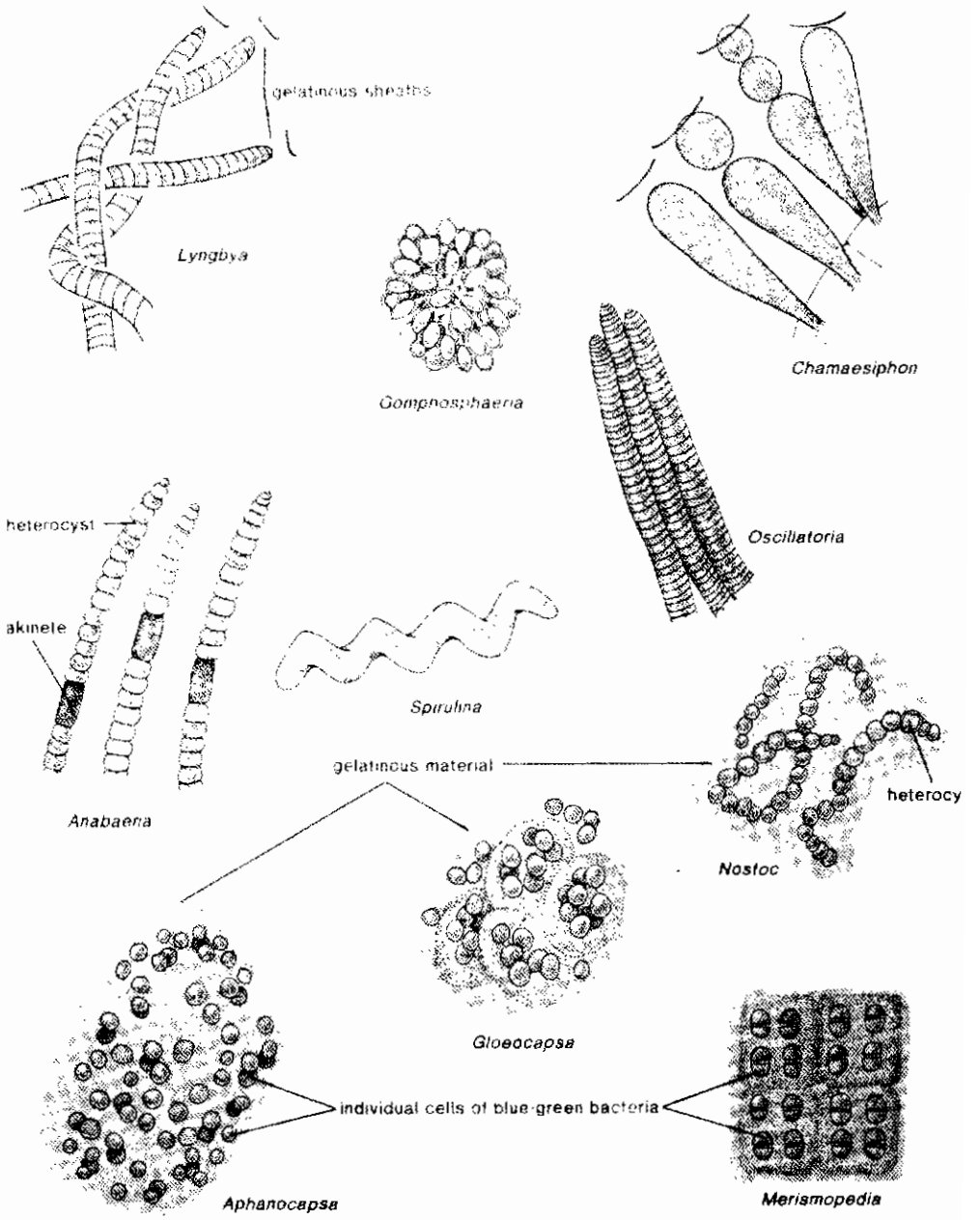
سلّولهای باکتریهای سبز ـ آبی غالباً به صورت زنجیره ها یا رشته های نخ مانندی وجود دارند که بعضی اوقات منشعب هستند. چندین کلنی، نامنظّم، کروی، یا صفحه ای نیز وجود دارد. سلّولها توسّط غلاف ژلاتینی که ترشّح می کنند در کنار یکدیگر باقی می مانند (شکل ۱۴ -۱۶). غلافها ممکن است بی رنگ یا با رنگهای متنوّع زرد، قرمز، قهوه ای، سبز، آبی، بنفش، یا

آبی سیاه باشند که کلنیها را با رنگ مشخّص ظاهر می نماید. سلّولهای حدود نصف از تقریباً ۱۵۰۰ گونه شناخته شده به رنگ سبز آبی هستند. این رنگ که مربوط به حضور کلروفیل a و فیکو سیانین است، غالباً توسّط حضور رنگدانه های دیگر پوشیده می شود. معمولاً چندین رنگدانه کاروتنویید نارنجی یا زرد مشابه گیاهان تکامل یافته وجود دارد و از نظر مقدار فیکو ارتیرین (یک رنگدانه فیکوبیلین قرمز رنگ در یک شکل منحصر به فرد باکتریهای سبز ـ آبی) متفاوت بوده و به سلّول، رنگ قرمز مشخّصی را می دهد. مناظر دریای قرمز معمولاً از حضور مقادیر زیادی باکتریهای سبز ـ آبی با مقادیر قابل توجّهی فیکو اریترین به وجود می آید.

این موجودات تولید ذخیرهٔ غذایی ازت داری بنام سیانوفیسین می کنند. تولید چنین ذخایر غذایی در پروکاریوتها غیر معمول است. باکتریهای سبز ـ آبی همچنین کربوهیدراتها و لیپیدها را تولید و ذخیره می کنند. تاژك در باکتریهای سبز ـ آبی شناخته نشده است ولی بعضی از آنها علی رغم عدم وجود تاژك توانایی حرکت دارند. رشته های اوسیلاتوریا (شکل ۱۴-۱۶) به عنوان مثال حول محوری می چرخند و به ظاهر می خزند. این حرکت ظاهراً به وسیلهٔ پیچش فیبریلهای ظریف درون دیوارهای سلّولی همراه با ترشّح مادّهٔ موسیلاژی برای کاهش اصطکاك صورت می گیرد. سلّولهای جدید از طریق تقسیم دوتایی ایجاد می شوند. در حالی که کلنیها یا ریسه های جدید ممکن است در نتیجهٔ پاره شدن و شکستن انواع مستر حاصل شوند.

در جنسهای متداول نوستوك و آنابی نا (شکل ۱۴-۱۶) که زنجیره های سلّولی به وجود می آورند غالباً پاره شدن درمحلّ سلّولهای درشتی بنام هتروسیست که بین زنجیره تولید می شوند صورت می گیرد. هتروسیستها جایگاههای تثبیت ازت هوا هستند. اعضای این دو جنس همچنین ممکن است تولید سلّولهای دیوارهٔ ضخیمی بنام اکی نیت بکنند که قادر به مقاومت در برابر انجماد و دیگر شرایط نا سازگار می باشند. این صفت حیاتی هنگامی که شرایط مطلوب برگشت داده شده، به گونه اجازهٔ رویش داده و زنجیره ها و ریسه های جدیدی را تولید می کنند. بعضی اکی نیتها مشاهده شده که بعد از طیّ دورهٔ خواب طولانی، بیش از ۸۰ سال رویش کرده اند.

باکتریهای سبز ـ آبی تولید گامت و یا تخم نمی کنند و میوز انجام نمی دهند. ولی نوترکیبی ژنتیکی گزارش شده است و این ظاهراً مشابه روشی است که در دیگر باکتریها گزارش شده است. البتّه این پدیده بندرت اتّفاق می افتد.



شکل ۱۴-۱۶ نمونه‌های منتخب از باکتریهای سبز ـ آبی .

باکتریهای سبز ـ آبی ـ کلروپلاستها و اکسیژن

باکتریهای سبز آبی که به صورت همزیست درون موجودات دیگر زندگی می کنند فاقد دیوارهٔ سلّولی بوده و ظاهراً به صورت کلروپلاست عمل می کنند. هنگامی که یک سلّول یوکاریوت دارای کلروپلاست تقسیم می شود در همان زمان کلروپلاستها نیز تقسیم می شوند. سلّولهای باکتریهای سبز ـ آبی درون سلّولهای موجودات زندهٔ دیگر به طریق مشابهی تقسیم می شوند. چنین وضعیتّی منجر به این طرز تفکّر شده که کلروپلاستها ابتدا از باکتریهای سبز ـ آبی یا پرو کلرو باکتریها (بعد از باکتریهای سبز ـ آبی توضیح داده شده است) که درون سلّولهای دیگر به ادامهٔ حیات پرداخته اند منشأ دارند. فسیلهای موجودات فتوسنتزی که در استرالیا کشف شده و عقیده بر این است که ۳٫۵ میلیارد سال قدمت دارند، بطور نزدیکی شبیه باکتریهای سبز ـ آبی کنونی بوده اند. اگرچه آنها ظاهراً نیم میلیارد سال بعد شروع به تولید اکسیژن به عنوان محصول فرعی فتوسنتز کرده اند. اکسیژن بآرامی شروع به انباشته شدن نمود و حدود یک میلیارد سال پیش به میزان قابل توجّهی رسید. در همان زمان موجودات فتوسنتز کننده دیگری نیز ظاهر شدند و اشکال تنفّس هوازی تکامل یافت (فصل ۱۰). در نیم میلیارد سال اخیر اوزون یک محصول فرعی اکسیژن، به مقادیر کافی متراکم شد تا در مقابل بیشتر پرتوهای مضرّ ماورای بنفش ناشی از خورشید لایه ای جهت محافظت موجودات فتوسنتزی تشکیل دهد؛ و موجودات فتوسنتزی قادر شدند در رطوبت کافی و در خشکی ادامه حیات دهند. بنابراین باکتریهای سبز ـ آبی ظاهراً نقش اساسی را در تمام تاریخ موجودات زنده ایفا کرده اند.

ارتباط انسان با باکتریهای سبز ـ آبی

باکتریهای سبز ـ آبی در کنار بسیاری از موجودات آب زی و فتوسنتزی در پایین زنجیره های غذایی مختلف قرار می گیرند. آنها انرژی را در قندی که در طیّ فتوسنتز تولید می کنند ذخیره می نمایند. خرچنگها و ماهیهای کوچک که خود غذای ماهیهای بزرگتر و سپس غذای موجودات آب زی دیگر و انسان را تشکیل می دهند، از آنها تغذیه می کنند.

در طیّ ماههای گرم، جلبکها و باکتریهای سبز ـ آبی مختلف ممکن است در گل و لای آبهای شیرین مخصوصاً در آبهای گرم آلوده فراوان باشند. طغیان کفها یا لایه های شناور بنام

شکوفه های آبی ممکن است گاهی بیش از ۲۰۰۰ کیلومتر مربع سطح دریاچه های وسیع را در اواخر تابستان بپوشاند. چنین شکوفه هایی غالباً بوی ماهی یا بوهای نامطبوع دیگر دارند. هنگامی که باکتریهای سبز آبی می میرند و تجزیه می شوند موادّ سمّی نیز ممکن است تولید کنند. گزارشهای مکرّری وجود دارند مبنی بر این که گاوها، خوکها، گوسفندها، خرگوشها، سگها، و حتّی طیوری که در اثر نوشیدن آبی که شکوفه های باکتریایی و جلبکی را داشته است مسموم شده اند. تا زمانی که باکتریهای سبز ـ آبی زنده هستند، موقتاً اکسیژن موجود در آب افزایش می یابد، لیکن بعد از آن که باکتریهای تجزیه کنندهٔ توده های آنها را تجزیه کردند ممکن است سطح اکسیژن کاهش یافته به حدّی که باعث مرگ ماهیها و دیگر موجودات آب زی شوند.

یک گونه از باکتریهای سبز ـ آبی که بفراوانی در سواحل مرجانی خلیج مانار واقع در ساحل جنوب شرقی هندوستان یافت می شود برای اسبها قابل مصرف است ولی سمّی بوده و بکرّات باعث مرگ آنها شده است. تعدادی از ماهیهای سمّی که در برابر سموم باکتریهای سبز ـ آبی خاصّی ایمنی دارند فقط بعد از مصرف باکتریها برای شکار کنندگان خود سمّی هستند. اکثر باکتریهای سبز ـ آبی برای انسان مصرف خوراکی ندارند ولی استثناً یک گونه از اسپیرولیناست که سالهاست به عنوان مادّهٔ غذایی توسّط بومیان منطقهٔ دریاچهٔ چاد آفریقای مرکزی استفاده می شود. چند شکل بی رنگ آنها انگلهای ملایمی برای انسان و جانوران هستند.

در مخازن آب، باکتریهای سبز ـ آبی باعث انسداد صافیها و باعث زنگ و پوسیدگی فولاد و بتون می شوند. آنها همچنین باعث نرمی آب و تولید رنگ و بوی نامطلوب آب را سبب می شوند. بعضی از جوامع باکتریهای سبز ـ آبی را در مخازن با افزودن مقادیر بسیار کمی از سولفات مس کنترل می کنند.

بیش از ۴۰ گونه از باکتریهای سبز ـ آبی شناخته شده اند که به مقدار مشابه باکتریهای تثبیت کنندهٔ ازت در حبوبات، ازت هوا را تثبیت می کنند(فصل ۲۴) در این مورد ممکن است باکتریهای سبز ـ آبی خیلی مهمتر از حالتی باشند که قبلاً در بارهٔ آنها فکر می شد. در آسیای جنوب شرقی و در بعضی مزارع برنج باکتریهای سبز ـ آبی به حدّ زیادی ازت تولید می کنند بطوری که برنج را غالباً در یک زمین برای چندین سال متوالی بدون افزودن کود می کارند.

ردهٔ پروکلرو باکتریا Prochlorobacteriae

در سال ۱۹۷۶ رالف لوین (Lewin) در مؤسسهٔ اقیانوس شناسی سکریپر (Scripps) . کشف تک سلّولی پروکاریوتی با سلّولهای سبز روشن که روی جانوران دریازی بنام آب دزدك دریایی زیست می کرد را گزارش نمود. ثابت شد که این موجود زندهٔ جدید دارای کلروفیلهای a و b از گیاهان تکامل یافته است ولی اثری از رنگدانه های فرعی فیکوبیلین مربوط به باکتریهای سبز- آبی در آن دیده نمی شود. در عوض رنگدانه های فرعی آنها تأیید شد که رنگدانه های کاروتنویید موجود در گیاهان تکامل یافته می باشد. همچنین بر خلاف تیلاکوییدهای تک غشایی باکتریهای سبز - آبی تیلاکوییدهای این موجودات جدید، مضاعف است.

لوین، این اختلافات رنگدانه بین باکتریهای سبز- آبی و سلّولهای سبز روشن را به مقدار کافی اساسی برای متمایز کردن آنها در سطح شاخه دانست و شاخهٔ جدیدی به عنوان پروکلروفیتا پیشنهاد نمود. تعدادی میکروبیولوژیستها برای در نظر گرفتن این موجودات به عنوان شاخهٔ مجزایی از مونرا تمایلی ندارند زیرا ساختمان و شیمی سلّول پروکاریوت ، مشابه باکتریهای سبز- آبی و باکتریهای حقیقی دیگر است (شکل ۱۵-۱۶). ولی دیگران براساس اهمیّت سیستم رنگدانه ای موافق عقیدهٔ لوین می باشند. در حالی که سیستم رنگدانه ای براستی ارزش دارد، ولی در این جا به عنوان یک رده از باکتریهای حقیقی مطرح می شوند، زیرا باقی ماندهٔ ساختمان سلّولی و صفات آنها اساساً از باکتریهای حقیقی قابل تشخیص نمی باشد.

در اواخر دههٔ ۱۹۸۰ سالی چی شولم عضو مؤسسهٔ تکنولوژی، ماساچوست یک پروکلرو باکتری دریازی دیگری را که در نور کم و در اعماق حدود ۱۰۰ متر زندگی می کند شناسایی کرد. این موجود زنده اکنون یکی از دو باکتری فراوانی است که در آب اقیانوسها زیست می کنند.

کشف پروکلرو باکتریها باعث مستحکمتر شدن فرضیّه ای است که براساس آن، کلروپلاست ممکن است از چنین سلّولهایی به درون سلّولهای یوکاریوت به وجود آمده باشد، مخصوصاً از زمانی که رنگدانه های آنها مشابه رنگدانه های گیاهان تکامل یافته شناسایی و تشخیص داده شد.

شکل ۱۵-۱۶ یك مقطع از یك سلّول پروکلروباکتریا بنام پروکلرون که برروی آب دزدك دریایی رشد می‌کند. به‌عدم حضور هسته و دیگراندامکها و همچنین به لایه‌های پرده‌ای متّحدالمرکز که بعضی از اعمال اندامکها را انجام می‌دهند دقت نمایید. بزرگنمایی ۱۵۷۵۰ مرتبه.

ویروسها

مقدّمه

آبله یک بیماری مسری است که ظاهراً برای هزاران سال در دنیا شیوع داشته است. در گذشته غالباً کُشنده بوده و به صورت دوره ای تعداد بی شماری از افراد را می کُشته است. هنگامی که در بیمار رشد می کند، به صورت زخمها و تاولها روی پوست نمایان می شود که

بعداً به شکل منافذ و فرو رفتگیهای دایمی باقی می ماند. در سال ۱۹۰۱ یک شیوع آبله در نیویورك سبب ۷۲۰ مرگ شد. لیکن از آن زمان این بیماری در ایالات متحدّه توسّط واکسیناسیون کنترل شده است.

واکسیناسیون عبارت است از داخل کردن یک شکل تضعیف شده از عامل بیماری به بدن. دفاعهای طبیعی بدن در مبارزه با عامل بیماری، مصونیتی را در برابر بیماری ایجاد می کنند. اوّلین واکسیناسیون شناخته شده به وسیلهٔ دو فرد انگلیسی بنامهای بنجامین جستی (کشاورز)، و ادوارد جنر (پزشک روستا) انجام شد. آنها متوجّه شده بودند کارگرانی که با گاوهایی سروکار دارند که دارای آبلهٔ گاوی هستند بطور محسوسی بیماری ملایمتری در مقابل آبله ایجاد می کنند. این افراد در طیّ بحرانهای شدید بیماریهای واگیردار که گاه گاه در سراسر اروپا شیوع داشت به بیماری مبتلا نشدند. در سال ۱۷۹۶ جنر پوست پسربچّه ای را با مایعی که از آبلهٔ گاوی دست یک زن شیر دوش به دست آورده بود خراش داد. شش هفته بعد او تعمداً پسربچّه را با مایعی از یک تاول میزبان آبلهٔ معمولی آغشته کرد ولی پسربچّه هیچ علامتی از بیماری بروز نداد. بنابراین، جنر یک واکسیناسیون موفقیّت آمیزی در برابر بیماری وحشتناك آبله ایجاد نمود. این کشف بیش از ۵۰ سال قبل از ادامهٔ فرضیّه میکروبی بیماری زای لویی پاستور صورت گرفت.

اندازه و ساختمان

اکنون ما می دانیم که آبله به وسیلهٔ عواملی فوق العاده کوچکتر از باکتری ایجاد می شود. در عصر پاستور کلّیهٔ عوامل بیماری مانند باکتریها، پروتوزوآ و مخمّر، همه ویروس نامیده می شدند. یکی از همکاران پاستور بنام چارلز چامبرلند کشف کرد که صافیهای ظریفی که اجازهٔ عبور به باکتری را نمی دهند لیکن عاملی را عبور می دهند که سبب بیماری شدید هاری است و موجب ابتلای حیوان و انسان می شود. چنین عوامل بیماری زا که از میان صافی قادر به عبور بودند امروزه ویروس نامیده می شوند و واژهٔ عامل گذرنده قابل فیلترشدن دیگر برای آنها استعمال نمی شود. امروزه ما می دانیم که نه تنها آبله و هاری، بلکه سرخک، گوشک، آبله مرغان، فلج اطفال، تب زرد، آنفلوانزا، تبخال، زگیل و سرماخوردگی معمولی، همه به وسیلهٔ ویروسها ایجاد می شوند.

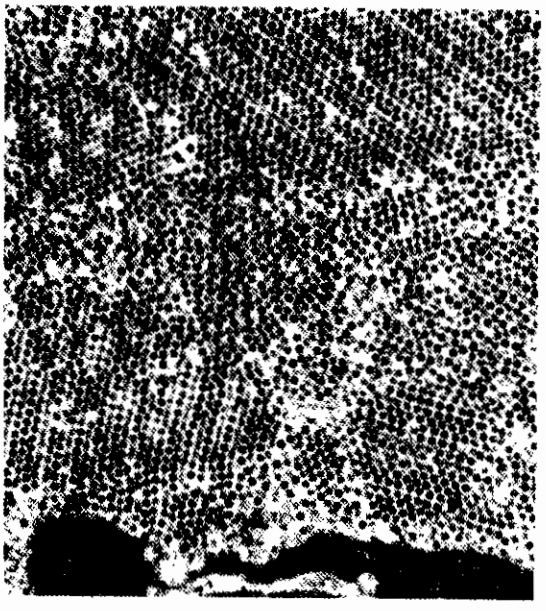
تنها موجوداتی که ویژگیهای منحصر به فردی دارند ویروس نامیده می شوند. این صفات که شامل عدم وجود ساختمان سلّولی کامل است ویروسها را از هر موجود دیگر که در ۵ سلسلهٔ

کنونی تشخیص داده شده اند کاملاً متمایز می کند. در حقیقت بعضی از پرسشها در مورد زنده بودن آنها وجود دارد. در سال ۱۹۴۷ وندل استانلی (شیمی دان آمریکایی) به علّت شناسایی یک ویروس عامل بیماری موزاییکی جایزهٔ نوبل دریافت کرد. عامل این بیماری گیاهان را می توان جداسازی و خالص سازی نمود و به صورت کریستال در آورد و بلورهای آن را نگاهداری کرد. این بلورها زمانی که در تماس با گیاهان سالم قرار گیرند ایجاد بیماری می کنند. همچنین آگاه هستیم که ویروسها به وسیلهٔ افزایش اندازه یا تقسیم شدن رشد نمی کنند، و واکنشی به محرّکهای خارجی نشان نمی دهند. آنها خود حرکت نمی کنند و نمی توانند متابولیسم مستقلی را انجام دهند.

ویروسها بطور شگفت آوری فراوان هستند. برای مثال در سال ۱۹۸۹، زیست شناسان دریایی دانشگاه برگن نروژ کشف کردند که یک قاشق چای خوری آب دریا بطور متوسّط دارای بیش از یک میلیارد ویروس است. ویروسها به اندازهٔ ملکولهای درشت هستند و از نظر قطر بین حدود ۱۵ تا ۳۰۰ نانومتر متغیّرند (شکل ۱۶-۱۶). هزاران عدد از آنها درون یک باکتری متوسّط جا می گیرد. آنها اساساً محتوی یک اسید نوکلئیک درونی هستند که به وسیلهٔ یک پوشش پروتئینی احاطه شده است. طرح پوشش پروتئینی بطور قابل ملاحظه ای متفاوت است ولی بعضی ۲۰ وجهی هستند و به گنبدهایی با سطوح هندسی شباهت دارند، در حالی که بقیّهٔ مناطق سر و دُم مشخّصی دارند. اسید نوکلئویک مرکزی، از DNA یا RNA تشکیل شده است لیکن هر دوی آنها هرگز باهم وجود ندارند. ویروسها به چندین روش طبقه بندی می گردند: در ابتدا آنها برحسب میزبان و نوع بافت یا اندام آلوده گروه بندی می شدند. اکنون طبقه بندی آنها بر اساس اندازه، شکل، طبیعت پوشش پروتئینی و تعداد واحدهای ساختمانی مشابه هستهٔ درونی، طبقه بندی می گردند.

باکتریوفاژها

ویروسهایی که به باکتریها حمله می کنند و مورد مطالعه زیاد بوده اند *باکتریوفاژ* یا به صورت ساده تر *فاژ*نامیده می شوند (شکل ۱۷-۱۶). بعضی از آنها شبیه سفینه های فضایی ترسیم شده داستانها و فیلمهای علمی تخیّلی می باشند. آنها دارای یک سر در بالای هسته استوانه ای ظریفی هستند که به وسیلهٔ یک پوشش غلاف مانند، احاطه شده است. در سمت قاعده هسته دارای ۶ فیبریل عنکبوتی شکل (پاها) هستند که ویروس را به جایی متّصل می کنند.



شکل ۱۶-۱۶ یك نوع ویروس بنام پاپاوویروس زگیل انسان.

شکل ۱۷-۱۶ ویروسهای فاژ، شکل نقاشی شده، بعضی از جزئیات را نشان می‌دهد.

تکثیر ویروسها

ویروسها می توانند تنها در حضور سلّول میزبان *همانند سازی*(خود سازی یا تکثیر) کنند. برای این منظور، آنها ابتدا به یک سلّول مستعد توسّط پاها متّصل می شوند. سپس به درون نفوذ کرده، بعضی از انواع آنها پوشش خود را در خارج باقی می گذارند. در داخل سلّول، DNA یا RNA آنها ساخت ملکولهای ویروسی جدید را هدایت می کنند. و سپس به صورت ویروسهای کاملی مجتمع می شوند. این ویروسها معمولاً از سلّول میزبان بعد از مرگ آن رها می شوند (شکل ۱۸-۱۶).

بعضی ویروسها (مانند ویروسهای عامل آنفلونزا) می توانند بسرعت جهش یابند (فصل ۱۳) این جهش به آنها اجازه می دهد به موجوداتی که نسبت به آنها مصونیّت داشته اند حمله کنند. در نتیجه، بایستی دایماً واکسنهای جدید برای مقابله با سوشهای جدید ویروسی ساخته شوند. بعضی ویروسها برروی متابولیسم سلّول میزبان تأثیر می گذارند. به عنوان مثال، در باکتری بوتولیسم، سموم بوتولیسم فقط اگر فاژهای خاص فعّالی وجود داشته باشند تولید می شوند. شواهد نشان می دهند که بسیاری از اشکال سرطانها (که معمولاً به همراه رشد غیرعادی سلّولها هستند) توسّط ویروسها ایجاد می شوند. همچنین دانشمندان تا حدودی معتقدند که تمام موجودات زنده درون سلّولهایشان ویروسها را به صورت غیر فعالی حمل می کنند. آنها سعی دارند کشف کنند که چه عواملی ناگهان سبب فعّال شدن ویروسهای غیر فعال می شوند.

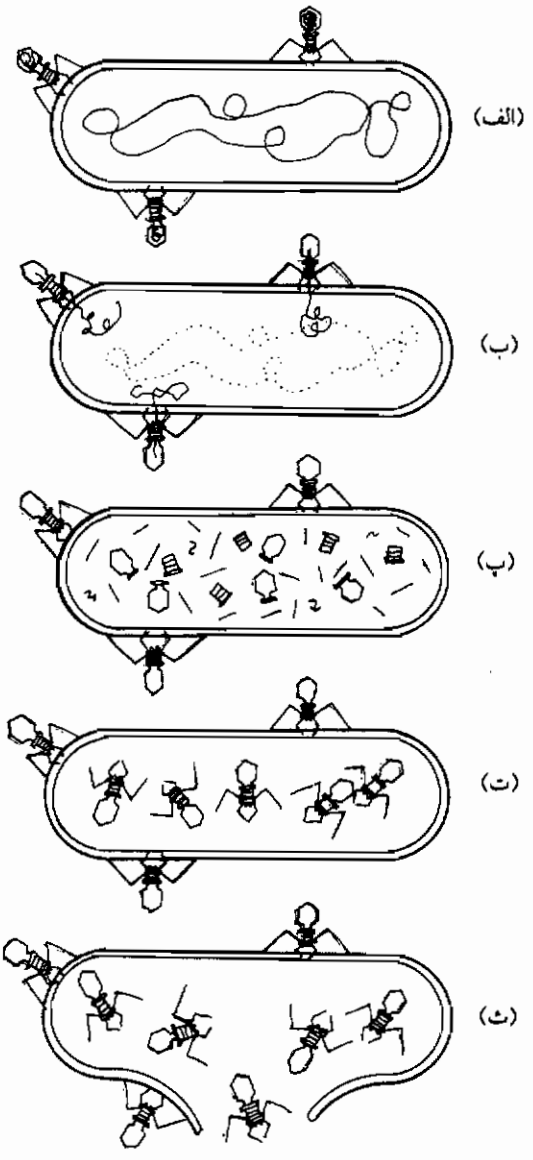
سلّولهای جانوران عالی که به وسیلهٔ ویروسها مورد تهاجم قرار می گیرند، پروتئینی بنام اینترفرون که به مایع اطراف سلّولها یا به داخل خون آزاد می شود، تولید می کنند. مقادیر کمی از اینترفرون (interferon) ، در تماس با سلّولها باعث می شود سلّولها پروتئین محافظت کننده ای تولید کنند که از تکثیر انواع متعدّد ویروسها درون سلّولهای محافظت شده جلوگیری می کنند و همچنین ظرفیت ویروسها را برای تولید تومور که تبدیل سلّولهای عادی به سلّولهای توموری است کاهش می دهند. به علّت این خاصیتهای اینترفرون، پژوهش برای کشف نحوهٔ تولید اینترفرون به مقادیر بالایی برای استفاده در کنترل سرطان، و بسیاری از بیماریهای ویروسی دیگر بطور گسترده ای در حال انجام است. مخصوصاً احتمال استفاده از باکتریها به عنوان میزبان برای دهندهٔ DNA نوید بخش است. این پدیده در حقیقت باکتریها را به مراکز سنتزکننده اینترفرون مبدّل می سازد (شکل ۱۹-۱۶). در سال ۱۹۸۱ دانشمندان

دانشگاه واشینگتن و مؤسسهٔ ژنوتک سانفرانسیسکو خبر دادند که آنها پیشرفتهایی را برای تولید شکلی از اینترفرون به وسیلهٔ انتقال ژنهای اینترفرون به داخل سلّولهای مخمّر داشته اند. چون سلّولهای مخمّر داشته اند. چون سلّولهای مخمّر بزرگتر از باکتریها هستند بنابراین، این پدیده می تواند مقدار زیادی اینترفرون را با هزینه های بسیار پایینتر از تولید آن توسّط باکتریها تولید کند.

رابطهٔ انسان با ویروسها

اهمیّت اقتصادی ویروسها در کشورهای صنعتی و غیر صنعتی بسیار زیاد است. کاهش سالانهٔ زمان کاری به علّت سرماخوردگی معمولی ناشی از ویروس آنفلوانزا بتنهایی به میلیونها ساعت می رسد. اگرچه ناراحتی و تأثیرات نامطلوب و حتی مرگ در رابطه با بیماریهای ویروسی مانند آبله مرغان، سرخک، سرخچه، گوشنک، و تب زرد، از زمانی که ایجاد مصونیّت در مقابل بیماریهای همگانی شده است، بطور قابل ملاحظه ای کاهش یافته است، لیکن آنها هنوز ضایعات را وارد می کنند. بیماری ویروسی دیگر یعنی هپاتیت عفونی نیز به صورت دوره ای قربانیهایی می گیرد. همچنین سندروم گولین بار و اپستین بار بیماریهایی که در نتیجهٔ ویروسها ایجاد می شوند قربانیهایی دارند. این ویروسها تقریباً در همهٔ افراد وجود دارند ولی این که چه عاملی باعث فعّال شدن آنها می شود هنوز شناخته نشده است.

AIDS (سندروم ناشی از کاهش سیستم ایمنی) یک بیماری کُشنده است که به وسیلهٔ یک یا دو ویروس بنام رترو ویروس که با ویروسهای تولید کنندهٔ سرطان مرتبط هستند عارض می شود. این بیماری در سال ۱۹۵۹ در یک نمونهٔ خون در محلّی که اکنون زیر است کشف شد و تا آن روز ناشناخته بود. تحقیقات نشان داده است که دو شکل از ویروس AIDS وجود دارد یکی HIV-۱ و دیگری HIV-۲ که در اوایل دههٔ ۱۹۵۰ از یک جدّ مشترك تولید شده اند. در مدّت ۳۰ سال بعد ویروس AIDS در سراسر دنیا پخش شد. رترو ویروسها با سرعت جهش یافتند. بطوری که آنها حدود یک میلیون برابر سریعتر از موجودات سلّولی توانایی تکامل دارند. از زمان ظهور اوّلیهٔ AIDS، تحقیقات زیادی جهت تولید یک واکسن با استفاده از یک ویروس که مهندسی ژنتیک روی آن کار کرده، صورت گرفته است. اگر مفید واقع شود، واکسن باعث خواهد شد بدن انسان در برابر ویروسهای AIDS دفاع نماید بدون این که بیماری پیشرفت کند.



شکل ۱۸-۱۶ مراحل رشد فاژ درون یك باکتری باسیل، الف ـ ویروس به‌باکتری متّصل می‌شود. ب ـ DNA ویروس به‌درون سلّول وارد می‌گردد. پ ـ اجزای مختلف ویروس از DNA باکتری سنتز می‌شود. ت ـ اجزای ویروس به‌هم جفت و جور گردیده و به‌صورت واحدهایی ظاهر می‌شوند. ث ـ ویروسهای ساخته شده هنگام متلاشی‌شدن دیوارهٔ سلول باکتری خارج می‌گردند.

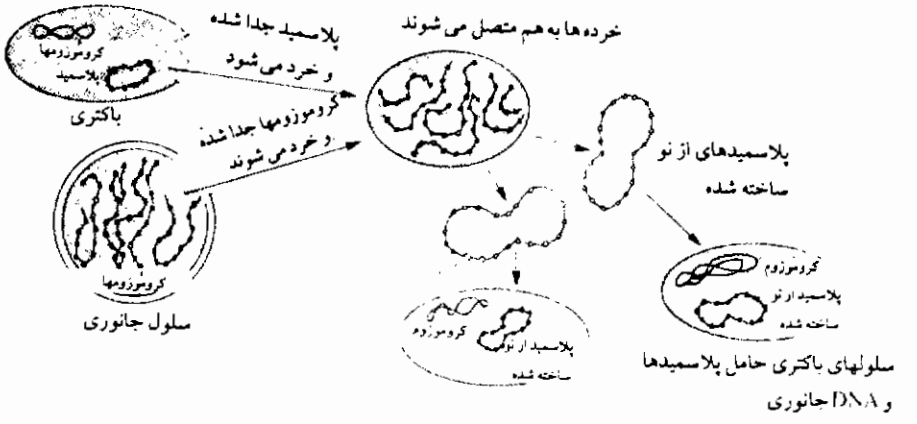
تولید واکسن برای بسیاری از بیماریهای دیگر به وسیلهٔ تغذیهٔ جهانی چند میلیارد دلاری صورت می گیرد. دیگر ویروسهای تولید شده به مقدار زیاد برای آلوده کردن کنه ها، حشرات و دیگر موجودات بیماری زای جانوران و گیاهان به کار می روند. بعضی ویروسها در هنگام تولید فراورده های لبنی و یا در طیّ تولید آنتی بیوتیکها به مخمرّهای کشت باکتریها حمله کرده و باعث خسارات زیادی می شوند. یک فاژ به باکتریهای تثبیت کنندهٔ ازت در ریشهٔ حبوبات حمله می کند. در حالی که فاژهای دیگر به باکتریهای دیفتری و سل حمله می کنند. یک ویروس طبیعی بنام ابی (Abby) (مخفّفی است برای ابنیگتن که یکی از ۱۹ سوش ویروسهای پلی هدروز هسته ای است) فقط در لاروهای نوعی پروانه بید یافت می شود. لاروهای این حشره برای جنگلهای آمریکای شمالی و اروپا مخرّب می باشند. امید است با پخش این ویروس در جنگلهای مورد تهدید، از خسارات وارده به این جنگلها تا حدّ زیادی کاسته شود.

مهندسی ژنتیک

بحثهای زیادی در مورد موفقیّت حاصل از افزودن مصنوعی DNA به باکتریهای مشخّصی صورت گرفته است. برخی ترس از آن دارند که پیوند DNA توسّط دانشمندان تصادفاً هیولایی را خلق نماید که غیر قابل کنترل باشد. در حالی که دیگران معتقدند که چنین مهندسی ژنتیک (یک بخش مهم از دانش ژنتیک که سریعاً رشد نموده است) پیش درآمدی برای مخالفت و یا حذف نهایی نقایص و بیماریهای انسان می باشد.

عمل مهندسی ژنتیک یا «پیوند ژن» با جدا سازی و خالص سازی DNA باکتری صورت می گیرد. چنانچه در فصل ۳ نشان داده شد، DNA دارای دو رشتهٔ پیچ خورده در یک حلقهٔ مضاعف است. عمل جدا سازی با خُرد کردن سلّولهای باکتری و استخراج DNA به کمک فنل صورت می گیرد. کروموزومها از طریق قرار دادن موادّ مستخرجه در محلول نمک که در آن کروموزومها برخلاف پلاسمیدها رسوب می کنند جدا می شوند. پس از آن پیوندهای میان نوکلئوتیدهای پلاسمیدهای پیوسته به وسیلهٔ آنزیمهای باکتریایی خاصّی به عنوان آنزیمهای محدودکننده قطع می شود. آنزیمها پلاسمیدهای حلقوی را در ترتیبهای نوکلئوئیدی خاصّی می شکنند، و رشتهٔ خطّی با انتهایی چسبنده که در آن نوکلئوتیدها بدون جفت هستند باقی می گذارند.

پلاسمیدهای نوترکیب توسّط مخلوط کردن مقدار زیادی از قطعات DNA مورد نظر که به وسیلهٔ همان آنزیم محدود کننده بطوری شکسته شده که انتهاهای چسبنده باهم مکمّل باشند، تولید می شوند. زمانی که بخوبی مخلوط شدند، ممکن است قطعه‌ای از یک منبع DNA با قطعه‌ای از یک منبع DNA دیگر اتّصال حاصل نمایند. البتّه به کمک یک آنزیم ترمیم کننده دوقطعه ممکن است اتّصال یافته و یک ملکول DNA نوترکیب حلقوی با بخشهایی از ملکولهای اوّلیه به دست آید. سپس پلاسمیدهای نوترکیب به درون سلّولهای باکتری وارد شده و در آنجا همانند سازی می کنند. بنابراین با این روش صفات جدید به یک سوش خاصّ باکتری منتقل می شوند (شکل ۱۹-۱۶).



شکل ۱۹-۱۶ انتقال ژنهای خُرد شده، به پلاسمیدهای باکتریایی.

باکتریها بسادگی تکثیر می شوند بنابراین نسبتاً ساده. مقادیر زیادی از DNA با تراکم بالا برای مطالعات علمی به دست می آید. ولی ساده ترین باکتری حدّاقل ۶۰۰ پروتئین مختلف دارد و در گذشته چندین ماه وقت و هزینه قابل توجّهی را مصرف می کرد تا یک پروتئین موردنظر از بقیّهٔ پروتئینها جدا شود. در طیّ دههٔ ۱۹۸۰ ساخت دو دستگاه بنامهای نظم دهندهٔ پروتئین و سنتز کنندهٔ ژن بطور محسوسی از صرف وقت و هزینه جهت کلون سازی ژنهای مشخّص کاسته است. نظم دهندهٔ پروتئین قادر است ترتیب دقیقی از اسیدهای آمینه یک پروتئین را معلوم سازد. با این اطّلاعات انسان می تواند قطعات ژن مورد سنتز را برای پروتئینی که در دسترس DNA یک باکتری قرار می گیرد و به رمز در می آیند تولید کند. باکتریها را می توان برای تولید مقادیر زیاد پروتئین موردنظر کشت نمود.

اگر ژنها برای صفات برتر گیاهان (برای کیفیّت برتر غذایی میوه ها و سبزیجات کارآیی متابولیسمی بالا، ظرفیت بالا برای تثبیت ازت) انتخاب شده و بتوان آنها را وارد پلاسمید باکتری نمود. باکتریها نیز تولید مقادیر زیادی DNA نوترکیب برای ارائه به گیاهان را می نمایند. اگر صفت مطلوب با موفقیّت به گیاه پیوند خورده و یا تزریق شود، گیاهان را می توان از طریق غیر جنسی تکثیر کرد. ویروسها نیز که بعضی از آنها بطور طبیعی گیاهان را آلوده می سازند و بسادگی زیاد می شوند، موضوع و شیوه های مشابهی را برای مهندسی ژنتیک ایجاد می کنند. امکان دارد در آینده ویروسها نقش مهمّی را در دست کاریهای ژنتیکی گیاهان عالی ایفا کنند.

باکتریها برای چندین سال در تولید موادّ شیمیایی صنعتی مورد استفاده بوده اند، ولی مهندسی ژنتیک ممکن است کاربرد آنها را به حدّ زیادی افزایش دهد. غالب موجودات پیشرفته تر ترکیب ژنتیکی پیچیده تری دارند و قبل از این که مهندسی ژنتیک در رؤیای محدود نمودن بیماریها و نقصهای گیاهان و جانوران عالی باشد و همگانی شوند نیاز به تحقیقات فراوانی است. آزمایشات پیشگام روی جانوران و گیاهان عالی قبلاً انجام شده است. برای مثال در سال ۱۹۸۰ گوردون از دانشگاه ییل هزاران پلاسمید نوترکیب را به تخمکهای تازه استخراج شدهٔ موش که در یک ظرف پتری قرار داده بود تزریق کرد، سپس تخمکها را در مجاری تخم بر حدود ۱۰ موش ماده قرار داد. موشها ۷۸ بچّه تولید کردند که ثابت شد دوتای آنها صفات DNA جدید را در سلّولهایشان دارند. در سال ۱۹۸۱ دانشمندان دانشگاه ویسکانسین و بخش کشاورزی ایالات متّحده، انتقال ژنی را از یک دانهٔ لوبیا به یک سلّول گل آفتاب گردان گزارش نمودند. بافتی را که پس از انتقال تولید شده بود «لوبیای آفتاب» نامیدند. این ژن که تولید پروتئینی مهمّی را هدایت می کند، در سلّول آفتاب گردان پایدار شد. زمانی که روشها و تکنیکهای جدید پیشرفت نموده به حدّی که اجازهٔ تولید گیاه آفتاب گردان را از سلّولهای «لوبیای آفتاب» بدهد، آفتاب گردانهای با سطح بالایی از پروتئین لوبیا خواهیم داشت (بخش کلون سازی و کشت بافت در پیوست ۴).

در سال ۱۹۸۶ دانشمندان دانشگاه اکسفورد در انگلستان به آزمایش صحرایی بر روی یک ویروس حاصل از مهندسی ژنتیک برای کنترل آفت بید کاج که یکی از آفات مهمّ جنگلهای مخروط دار اروپا است دست زدند. ویروس با یک ژن معیوب تولید شد که از همانندسازی آن در میزبانش ممانعت کرده و در همان زمان بطور مؤثّری باعث مرگ آنها می شود. موجودات دیگر حاصل از مهندسی ژنتیک که در سالهای ۱۹۸۵ و ۱۹۸۶ تولید شدند عبارتند از باکتری

معروف به «یخ میفنی» که پروتئین پوششی تولید می کند که از تشکیل بلورهای یخ جلوگیری می نماید و خسارات یخ زدگی روی محصولات کشاورزی را کاهش می دهد. اگرچه این موجود برای طولانی کردن فصول و دوره های رشد جهت محصولات مختلفی کاربرد فراوانی دارد، لیکن تولید کننده های آن با مخالفتهای زیادی روبرو شده اند، اگرچه اجازهٔ چنین کاری را نیز کسب کرده اند. بیشتر مخالفتها به علّت ترس از موجودات ناشناخته ای است که امکان دارد از نمونه های حاصل از مهندسی ژنتیک با پتانسیل رشد سریع و غیر قابل کنترل و وقوع جهشهای بدخیم ایجاد شوند که ممکن است رویدادهای غیر قابل کنترل و بسیار خطرناکی را سبب شوند.

ایالات متّحده در سال ۱۹۸۶ اوّلین اجازهٔ تولید واکسن حاصل از مهندسی ژنتیک را پس گرفت و سپس آن را اصلاح نمود. این واکسن مربوط به ویروس هرپس بود که قادر نبود خودش را تکثیر نماید. قبل از وعده چنین واکسنی هیچگونه پیش گیری برای بیماری هرپس وجود نداشت. تولیدواکسن برای جلوگیری ازاین بیماری ومحدودکردن بیماریهای دیگر می تواندقدم بزرگی باشد.

همچنین در سال ۱۹۸۶ مؤسسهٔ حفاظت از محیط زیست به شرکت میکوگن (Mycogen) سان دیاگو در کالیفرنیا اجازهٔ انجام آزمایشات صحرایی در مقیاس کوچک را در ارتباط با آفت کشهای ناشی از مهندسی ژنتیک داد. در ۱۹۸۹ یک حشره شناس در دانشگاه کرنل گیاهان کلم را با یک ویروس ناتوان ژنتیکی مخصوص آفت کلم سمپاشی کرد. هدف از آزمایش کرنل این بود که مشاهده شود آیا ویروس ناتوان از نظر ژنتیکی بعد از کشتن حشره از بین می رود. اگر قضیّه این طور باشد، دانشمندان امیدوارند که به ویروس آفت کلم ژن جدیدی را پیوند دهند که برای آفت حشره کُشنده باشد ولی بعد از پخش سریع در تمام حشرات ناپدید شود. اگر این آزمایشات موفقیت آمیز باشند، نتیجه این خواهد بود که مقدار ۳ میلیون پوند آفت کش خطرناك که سالانه در ایالات متّحده مصرف می شود بطور قابل ملاحظه ای کاهش یابد.

پزشکان در مؤسسهٔ ملّی بهداشت بتسدا در مری لند در سال ۱۹۸۹ موافقت دولت آمریکا را مبنی بر تزریق بیماران سرطانی داوطلب با میلیاردها سلّولهای سفید خون خود که با ژنهای باکتریایی مهندسی شده بود به عنوان یک ردیاب اخذ نمودند. گرچه ژنهای «ردیاب» در درمان مؤثّر نیستند لیکن آنها به پزشکان نشان می دهند که تا چه حد با سلّولهای سرطانی مبارزه می شود. قبلاً نیز آزمایشات نسبةً متفاوتی با ۲۰ قربانی سرطان پوست سریع الرّشد با استفاده از سلّولهای سفید خون که به عنوان لمفوسیتهای نفوذ کنندهٔ تومور در خارج از محیط بدن کشت شده بودند انجام گردید. در ۱۲ بیمار، کاهش قابل ملاحظه ای در تومورها مشاهده شد.

در کالیفرنیا یک کرم آفتاب مهندسی شدهٔ ژنتیکی که امیدواری می رود انسان را از سه نوع پرتوهای سرطان زای خورشیدی حفاظت نماید، در حال تولید است. دانشمندان در شرکت بیوتکنولوژی کالجین و دانشگاه ناتینگهام در انگلستان اوّلین مراحل را در جهت تولید گوجه فرنگی مهندسی شده ای که بسادگی نرم و لهیده نمی شود انجام داده اند. چنین گوجه فرنگیهایی می توانند روی بوته های بالا رونده برسند و طعمی مطلوبتر از گوجه فرنگیهایی داشته باشند که سبز چیده شده و با گاز اتیلن می رسند همچنان که با واریته های تجاری عمل می شود. شرکت کالجین همچنین گیاه توتون مهندسی شدهٔ ژنتیکی موفّقی را تولید نموده است که شدیداً به روند آپ یک علف کش تجاری مقاوم است. اگر در بیشتر گیاهان زراعی چنین مقاومتهایی مهندسی شوند علف کشهای منتخب می توانند برای تنها علفهای هرز در سم پاشی مزارع مورد استفاده قرار گیرند بدون این که روی گیاهان زراعی تأثیر بگذارند.

گیاه پزشکان در بخش کشاورزی ایالات متحدّه ژنهایی را تولید کرده اند که می توان آنها را وارد واریته های پر طرفدار لوبیا کرد تا آنها را نسبت به ۳۳ نوع قارچ تولید کنندهٔ زنگ مقاوم کنند. این امر بسیار مهمّی است زیرا قارچ مسبّب زنگ می تواند در یک فصل جهش یافته و نسبت به قارچ کشها مقاوم شود. البتّه چندین مرحله کشت صرف می شود تا متمّم کاملی از ژنهای مقاوم به زنگ در لوبیا ایجاد شود، لیکن زمانی که این عمل تکامل یابد سم پاشی متوقّف شده و یا به حدّ قابل ملاحظه ای کاهش می یابد.

ماهی بخصوصی در مناطق قطب شمال و جنوب زیست می کند که تولید یک ترکیب آلی ضدّیخی را می نماید که از انجماد آب درون بدن ماهی جلوگیری می کند. مهندسان ژنتیک بطور موفقیّت آمیزی ژن مسؤول ضدّیخ را کُلن کرده اند. آنها امیدوارند بزودی بتوانند آن را برای بستنی جهت جلوگیری از تولید بلورهای یخ در هنگام نرم شدن و دوباره منجمد شدن مورد استفاده قرار دهند.

برخی از پروژه های تحقیقاتی موفّق دیگر که در ارتباط با موجودات مهندسی ژنتیک هستند عبارتند از؛ تولید آنزیمی که شدیداً کیفیّت آنتی بیوتیکهای گران قیمت را بالا می برد و مخارج را کاهش می دهد؛ تولید یک عامل ضدّ فساد که قبلاً فقط به مقدار بسیار اندك تولید می شده است؛ تولید انسولین (برای استفادهٔ بیماران مبتلا به مرض قند) توسّط یک باکتری که ژن انسانی این هورمون را داراست؛ تولید هورمون رشد در انسان؛ و تولید مخمرّی که مراحل تخمیر را تسریع می بخشد. یک باکتری که در یک مرداب مکزیک کشف شد تولید یک آنزیم گوارشی قوی را می کند که قادر است لکّه های پروتئینی را خیلی سریعتر از هر پاك کنندهٔ دیگر

تمیز کند، و تحت تأثیر تغییرات درجهٔ حرارت و PH که آنزیمهای دیگر را تخریب می کنند قرار نمی گیرد. مهندسان ژنتیک اکنون سعی دارند یک سوش از باکتری ایجاد کنند که در بر دارنده ژنهای مرکّب برای تولید «ابر آنزیم» باشد.

خلاصه

۱. سلسلهٔ مونرا شامل موجودات پروکاریوت می باشند که به آرکی باکترها (باکتریهای متان، نمکی، و سولفولوبوس) و باکتریهای حقیقی (باکتریهای گوگردی ارغوانی و سبز فاقد رنگدانه، باکتریهای سبز ـ آبی و پروکلرو باکترها) تقسیم می شوند. باکتریها، به صورت تک سلّولی، کلنی، یا به شکل زنجیره ای یا رشته ای یافت می شوند. بعضی سلّولها ممکن است به وسیلهٔ تاژکهای شلاّق مانندی متحرّك (توانایی حرکت) باشند، یا ممکن است دارای حرکت خزیدن باشند ولی اکثراً غیر متحرّکند.

۲. تغذیهٔ باکتریها توسّط جذب موادّ غذایی محلول از میان دیوارهٔ سلّولی بوده ولی بعضی اعضای این سلسله، فتوسنتزی یا شموسنتزی بوده و قادرند انرژی خود را از طریق واکنشهای شیمیایی و ترکیبات یا عناصر شیمیایی مختلف به دست آورند.

۳. تولید مثل به صورت غیر جنسی توسّط تقسیم دوتایی (شکلی از تقسیم سلّولی بدون میتوز) شکل می گیرد؛ بعضی نوترکیبیهای ژنتیکی در بعضی گروهها به وسیلهٔ تارها (لوله های ظریف) که سلّولها را به هم مرتبط می کنند صورت می گیرد.

۴. باکتریهای پرتوزا، کوچکترین نمونه از فراوانترین موجود زندهٔ روی زمین می باشند. باکتریها اکثراً کمتر از ۲ یا ۳ میکرون قطر داشته و بدون استفاده از میکروسکپ مشاهدهٔ آنها غیر ممکن است. آنها به اشکال کروی (کوکوس)، میله ای (باسیلوس) و مارپیچی (اسپریل) وجود دارند و رده بندیهای دقیقتر آنها بر اساس غلاف، زایده و حرکت، صورت می گیرد. براساس واکنش به رنگ آمیزی آبی ـ تیره گرم، آنها همچنین به شکل گرم مثبت یا گرم منفی طبقه بندی می شوند.

۵. سلّولهای پروکاریوت فاقد غشای هسته یا اندامکها بوده ولی ظاهراً غشاهای موجود، عمل بعضی از اندامکها را انجام می دهند. هر سلّول نوکلئوتیدی دارد که از یک ملکول طویل DNA و گاهی تعداد ۳۰ الی ۴۰ ملکول DNA حلقوی کوچک بنام پلاسمید تشکیل شده که مستقل از ملکول DNA بزرگ و کروموزوم همانند سازی می کنند.

۶. میتوز رخ نمی دهد، ولی یک دیوارهٔ میانی در نزدیک وسط سلّول تشکیل شده و توسّط تقسیم دوتایی بعد از همانند سازی DNA، دو سلّول ایجاد می شود. میوز نیز صورت نمی پذیرد و گامتها و زیگوت تشکیل نمی شوند. نو ترکیبی ژنتیکی از طریق کونژگاسیون شکل نمی گیرد (که طیّ آن بخشی از رشتهٔ DNA از یک سلّول دهنده به یک سلّول گیرنده از طریق یک تار لوله ای توخالی منتقل می شود). ممکن است یک سلّول زنده قطعات DNA رها شده از سلّول مرده را طیّ پدیده ای بنام ترانسفورماسیون جمع آوری نموده و به هم پیوند دهد. قطعات DNA ممکن است به وسیلهٔ ویروس در عملی بنام ترانس ـ دکسیون از سلّولی به سلّول دیگر منتقل می شوند.

۷. باکتریهای هتروتروف (موجوداتی که برای موادّ غذایی خود، به موجودات دیگر نیازمندند) بیشتر کودرست (موجوداتی که موادّ غذایی خود را از موادّ آلی غیر زنده به دست می آورند) هستند ولی بعضی انگل می باشند. باکتریهای اتوتروف فتوسنتز کننده هستند ولی اکسیژن تولید نمی کنند باکتریهای شموتروف انرژی خود را از طریق اکسیداسیون گروههای غیر آلی احیا شده به دست می آورند.

۸. هر بافت غیر زنده ای سرانجام توسّط باکتریها و قارچها به کمپوست تجزیه می شود. ولی توده هایی با اندازهٔ مناسب به باکتریهایی که معمولاً در کمپوست سازی مؤثرّند، اجازهٔ فعّالیت بهتر را می دهند. کمپوست سازی بطور فزاینده ای توسّط اجتماعات و شهرهایی که قوانینی بر ضدّ سوزاندن برگها دارند انجام می شود. نسبت کربن به ازت در کمپوست سرعت تجزیه را تعیین می کند، نسبت ۳۰ کربن به ازت بهینه است. کمپوست یک خاك نسبةً مناسب محسوب می شود ولی ارزش آن به عنوان یک کود محدود است.

۹. باکتریهاباعث بیماریهای گیاهی، ضایعات موادّغذایی، بیماریهای مهمّ حیوانات وانسان شده و خسارات زیادی را باعث می شوند. آنها از طریق هوا (مانند دیفتری، سیاه سرفه و بعضی اشکال سینه پهلو)، ازطریق موادّغذایی و نوشیدنیهای آلوده (مثل وبا، اسهال خونی، مسمومیّت غذایی سالمونلا)، از طریق مصرف سموم باکتریایی (مانند بوتولیسم)، ازطریق تماس مستقیم(مثل سیفلیس، سوزاك، سیاه زخم وتب مالت)، ازطریق جراحت(مانندکزاز، قانقاریا گازی) و از طریق گزش حشرات و موجودات دیگر (مثل طاعون) منتقل می شوند.

۱۰. کُخ جهت اثبات این که یک میکروارگانیسم بخصوص باعث یک بیماری بخصوص می شود اصولی (قوانینی) را بنیان نهاد: میکروارگانیسم باید در تمام موارد بیماری وجود

داشته باشد؛ میکرو ارگانیسم باید در محیط کشت خالص از بیمار جداسازی شود؛ هنگامی که میکرو ارگانیسم از کشت خالص به یک میزبان مستعد تزریق شود باید در میزبان تولید آن بیماری را بکند؛ میکرو ارگانیسم باید از میزبان آزمایش آلوده جداسازی شده و جهت مقایسه با نمونهٔ کشت اوّلیه، درمحیط کشت خالص کشت شود.

۱۱. باکتریهای مفید برای انسان، عبارتند از: باسیلوس تورنیژنس که بطور وسیعی به لاروهای آفات حمله می کند؛ یک واریته باسیلوس تورنیژنس، لاروهای پشه را شدیداً ازبین می برد. و باسیلوس پوپیله، به نوزادان سوسکهای ژاپنی حمله می کند. باکتریها همچنین نقش مهمّی در تولید فراورده های لبنی مانند ماست، خامه، کفیر و پنیر، ایفا می کنند.

۱۲. باکتریها در تولید موادّ شیمیایی صنعتی، ویتامینها، چاشنیها، متعادل کننده های غذایی و جانشین پلاسمای خون، استفاده می شوند. آنها در به ثمررساندن وانیل، دانه های کاکائو، چای و تولید سرکه و سوس به کارمی روند. باکتریهاهمچنین دراستخراج الیاف ازساقه های کتان، تولید علوفه برای تغذیهٔ گوساله ها، و تولید چندین اسید آمینهٔ مهم، نقش دارند.

۱۳. باکتریهای سبز ـ آبی در آبهای شور و شیرین، چشمه های آب گرم، صخره های برهنهٔ گدازه های آتش فشانی و صخره های صحرایی و بیابانی، روی صدف لاك پشت ها و حلزونها و به صورت همزیست درون موجودات دیگر وجود دارند.

۱۴. سلّولهای باکتریهای سبز ـ آبی می توانند به صورت انفرادی، در کلنیها و درون مادّهٔ زمینه ای ژلاتینی، یا به شکل ریسه های منفرد یا منشعب وجود داشته باشند. آنها مشابه سلّولهای باکتریهای حقیقی دیگر هستند ولی از آنها در داشتن کلروفیل a، تولید اکسیژن در فتوسنتز، و رنگدانه های فیکوبیلین قرمز رنگ فیکو اریترین و آبی رنگ فیکوسیانین متمایز می شوند. آنها تولید سیانوفیسین یک مادّهٔ ذخیره ای ازت دار را می کنند.

۱۵. باکتریهای سبز ـ آبی تاژك ندارند ولی بعضی گونه ها دارای حرکات لغزشی هستند. پاره شدن در هتروسیستها رخ می دهد که سلّولهای طویل خاصّی بوده و در فواصلی در طول رشته بعضی گونه ها تولید می شوند. اکینیتها می توانند برای چندین سال به خواب روند و نسبت به سرما و خشکی مقاومند.

۱۶. سلّولهای باکتریهای سبز ـ آبی ممکن است منشأ کلروپلاستها باشند چون آنها هنگامی که سلّولهای میزبان تقسیم می شوند مانند کلروپلاستها تقسیم می گردند.

۱۷. باکتریهای سبز ـ آبی در آبهای شیرین آلوده خیلی فراوانند. زمانی که باکتریها می میرند

موادّ سمّی تولید می شوند. گزارشهایی مبنی بر مرگ جانوران مختلف که بعد از نوشیدن آبی که باکتریهای سبز ـ آبی در آن فراوان بوده اتّفاق افتاده وجود دارد. حدّاقل، ۴ گونه از باکتریهای سبز ـ آبی برای تثبیت ازت شناخته شده اند.

۱۸. پروکلروباکترها دارای شکلی مشابه باکتریهای سبز ـ آبی هستند ولی رنگدانه های آنها شبیه رنگدانه های گیاهان تکامل یافته است و فاقد فیکوبیلین هستند. یک نمونه که در آبهای عمیق زیست می نماید، یکی از فراوانترین موجودات دریازی می باشد.

۱۹. واکسیناسیون عبارت است از انتقال یک عامل بیماری تضعیف شده به بدن موجود. این عمل باعث می شود بدن در حالی که با عامل تضعیف شده مبارزه می کند نسبت به بیماری مصونیّت ایجاد نماید. واکسیناسیون اوّلین بار به وسیلهٔ جستی و جنر در ارتباط با آبله به اجرا در آمد. آبله یک بیماری است که به وسیلهٔ ویروس ایجاد شده و اکنون عقیده براین است که ریشه کن شده است.

۲۰. ویروسها فاقد ساختمان سلّولی بوده و اندازهٔ آنها به اندازهٔ ملکولهای درشت می باشد. بعضی ویروسها می توانند جداسازی، خالص، و متبلور شوند ولی در عین حال می توانند بدخیم و خطرناك بمانند. آنها قادر به رشد و افزایش اندازه نیستند و خارج از سلّول زنده نمی توانند تکثیر یابند. آنها برای همانند سازی نیاز به DNA خود دارند. چنین خصوصیّاتی باعث شده که بعضی آنها را موجودات زنده به حساب نیاورند.

۲۱. ویروسها دارای یک اسید نوکلئیک مرکزی هستند که به وسیلهٔ پوشش پروتئینی احاطه شده است. ویروسها درحال حاضر بر اساس DNA یا RNA مرکزی، اندازه و شکل، تعداد واحدهای ساختمانی مشخّص مرکزی و طبیعت پوشش پروتئینی طبقه بندی می شوند.

۲۲. باکتریوفاژها ویروسهایی هستند که به باکتریها حمله می کنند. در همانند سازی خود به سلّول حسّاس متّصل شده و به درون آنها نفوذ کرده و DNA یا RNA آنها ساخت ملکولهای جدید ویروس را از مواد میزبان هدایت می نمایند. ویروسهای ساخته شده جدید زمانی که میزبان بمیرد رها می شوند.

۲۳. سلّولهای جانوران پیشرفته که توسّط ویروسها مورد حمله قرار می گیرند پروتئینی ایجاد می نمایند بنام اینترفرون. این ماده باعث می شود سلّولها تولید مادّهٔ محافظی را بنمایند که از همانند سازی ویروسها جلوگیری می نماید و همچنین از قدرت ویروسها جهت تغییر سلّولهای عادی به تومور جلوگیری می نماید.

۲۴. بیماریهای ویروسی مانند آبله مرغان، سرخک، گوشک و تب زرد به حدّ زیادی کاهش یافته است زیرا ایجاد مصونیّت در برابر آنها گسترش جهانی یافته است. مشخّص نیست که چه عاملی باعث تحریک ویروسهای مرتبط با بیماریهای سندروم گولین ـ بار واپستین بار می شود. ویروسها به مقدار زیادی جهت آلوده سازی حشرات و آفتهای گیاهان و جانوران تولید می شوند. بعضی ویروسها باعث خساراتی در ظروف لبنیات سازی می شوند.

۲۵. مهندسی ژنتیک در رابطه با تداخل نمودن DNA یک سلّول به وسیلهٔ مخلوط نمودن مصنوعی مقادیر زیادی از رشته های DNA شکسته شده آنزیمی از دو منبع مختلف می باشد. قطعات یک منبع ممکن است با قطعات منبع دیگر ترکیب شده، DNA نو ترکیبی با بخشهایی از هر دو ملکول اولیّه خلق شود. پلاسمیدهای نوترکیب را به سلّولهای باکتریایی که در آنها همانندسازی می کنند وارد می نمایند. از آن جا که باکتریها بسادگی تکثیر می شوند، مقادیر بالایی از DNA نوترکیب از این طریق حاصل می شود. چنین DNA نوترکیبی در آینده جهت بهبود محصولات زراعی و احتمالاً کنترل بیماریهای گیاهان و جانوران مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

پرسشهای یادآوری

۱. هم زیستی چیست؟ مثالهایی را غیر از آنهایی که در این فصل بحث شده ارائه دهید.
۲. چرا باکتریها تنها براساس صفات قابل دیدن طبقه بندی نمی شوند؟
۳. باکتریها چگونه DNA تبادل می کنند؟
۴. تقسیم دوتایی، چه اختلافی با میتوز دارد؟
۵. آیا فتوسنتز در باکتریها مشابه گیاهان تکامل یافته است؟ توضیح دهید.
۶. باکتریهای کمو اتوتروف چگونه از باکتریهای فتوسنتزی مشخّص می شوند؟
۷. چه فرقی بین ازتیزاسیون و تثبیت ازت، وجود دارد؟
۸. اگر باکتریهای تجزیه کننده ازت مصرف می کنند، چگونه کمپوست سازی باعث تراکم ازت می شود؟
۹. باکتریهای بیماری زا، چگونه منتقل می شوند.
۱۰. اصول کُخ کدامند؟
۱۱. چرا بسیاری از باکتریها مفید محسوب می شوند؟
۱۲. وجوه مشترك باکتریهای سبز ـ آبی و دیگر باکتریها در چیست؟

۱۳. باکتریهای سبز ـ آبی چگونه در شرایط یخ بندان و خشک، توانایی ادامهٔ حیات را دارند؟
۱۴. شکوفهٔ جلبکی ـ باکتریایی چیست؟
۱۵. اختلاف ویروسها و باکتریها چیست؟
۱۶. واکسیناسیون چیست؟
۱۷. فاژ چیست؟
۱۸. ویروسها چگونه تکثیر می کنند؟

پرسشهای تشریحی

۱. اگر یک فاژ شدیداً بیماری زا تمام باکتریهای آمریکای شمالی را از بین ببرد، چه تأثیری بر روی حیات ما می گذارد؟
۲. آیا پیش بینی می کنید چه مزایا یا مضرّاتی خواهد داشت اگر ما تنها از باکتریهای سبز ـ آبی و باکتریهای تثبیت کنندهٔ ازت برای نیازهای زراعی خود استفاده کنیم؟
۳. ثابت شده است که گاز متان تولید شده توسّط باکتریها برای نیازهای سوختی روستاهای هندوستان کافی است. آیا شما فکر می کنید ما می توانیم متان را در ایالات متّحده به همان طریق تولید و مصرف نماییم؟
۴. اگر باکتریهای سبز ـ آبی تنها قادر به تولید مثل غیر جنسی هستند، آیا به این معنی است که هرگز شکل این موجودات تغییر نمی کند؟
۵. در حالی که ویروسها تکثیر می شوند، چرا باید برای زنده یا غیر زنده بودن آنها پرسشی مطرح باشد؟

منابع اضافی

Bajaj, Y. P., ed. 1989. *Plant protoplasts and genetic engineering.* New York: Springer-Verlag.
Brock, T. D., K. M. Brock, and D. M. Ward. 1986. *Basic microbiology with applications,* 3d ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.
Carr, N. G., and B. A. Whitton, eds. 1982. *The biology of Cyanobacteria.* Berkeley, CA: University of California Press.
Gibbs, A. J., and B. D. Harrison. 1979. *Plant virology: the*

principles. New York: John Wiley and Sons, Inc.
Holt, J. G., and N. R. Krieg, eds. 1984. *Bergey's manual of determinative bacteriology*, vol. 1. Baltimore: Williams and Wilkins Co.
Joklik, W. 1988. *Virology*, 3d ed. East Norwalk, CT. Appleton and Lange.
Mantell, S. H., and H. Smith, eds. 1983. *Plant biotechnology*. New York: Cambridge University Press.
Margulis, L. 1982. *Early life*. Portola Valley, CA: Jones and Bartlett.
Old, R. W., and S. B. Primrose. 1985. *Principles of gene manipulation: an introduction to genetic engineering*, 3d ed. Cambridge, MA: Blackwell Scientific Publications.
Palmer, C. M. 1962. *Algae in water supplies*. Public Health Service Publication No. 657. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
Pelczar, M. J., Jr., and E. C. S. Chan. 1981. *Elements of Microbiology*. New York: McGraw-Hill Book Co.
Prescott, L., et al. 1989. *Microbiology*. Dubuque, IA: Wm. C. Brown Publishers.
Stanier, R. Y., E. A. Adelberg, and J. Ingraham. 1986. *The microbial world*, 5th ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
Stolp, H. 1988. *Microbial ecology*. New York: Cambridge University Press.
Stoner, C. H., ed. 1975. *Producing your own power*. New York: Random House Publishers.
VanDemark, P. J., and B. L. Batzing. 1987. *The microbes: an introduction to their nature and importance*. Menlo Park, CA: Benjamin/Cummings Publishing Co., Inc.
Woese, C. R. 1981. "Archaebacteria." *Scientific American* 244(6): 98–122.

فصل هفدهم ـ سلسلهٔ پروتیستا

رؤوس مطالب

برخی اهداف فراگیری
نظر اجمالی
مقدّمه
ویژگیهای سلسلهٔ پروتیستا
جلبکها
شاخهٔ کریزوفیتا ـ جلبکهای قهوه ای ـ طلایی ـ و دیاتومها
شاخهٔ پیروفیتا ـ دینوفلاژلاتها
شاخهٔ یوگلنوفیتا ـ یوگلنوئیدها
شاخهٔ کلروفیتا ـ جلبکهای سبز
کلامیدوموناس
تولید مثل غیرجنسی
تولید مثل جنسی
یولوتریکس
تولید مثل غیرجنسی
تولید مثل جنسی
اسپیروژیر
تولید مثل غیرجنسی
تولید مثل جنسی
ایدوگونیوم
تولید مثل غیرجنسی
تولید مثل جنسی
جلبکهای سبز دیگر
شاخهٔ فئوفیتا ـ جلبکهای قهوه ای
شاخهٔ رودوفیتا ـ جلبکهای قرمز
انسان و روابط اکولوژیکی جلبکها
خاك دیاتومه ای
آلجین
موادّ معدنی و غذایی
آگار
اعضای دیگر سلسله پروتیستا
خلاصه
پرسشهای یادآوری
پرسشهای تشریحی
منابع اضافی

کالرپا یکی از جلبکهای سبز دریایی در استرالیا. عکس از میشل فاستر

فصل هفدهم

سلسلهٔ پروتیستا

برخی اهداف فراگیری

۱ - آشنایی با ویژگیهایی که اعضای سلسلهٔ پروتیستا در آنها مشترکند و توجّه به موارد اساسی که با هم تفاوت دارند.

۲ - درك این که چگونه یک دیاتوم در ساختمان و شکل با اعضای دیگر شاخه کریزوفیتا اختلاف دارد.

۳- رسم دیاگرام دورهٔ زندگی کلامیدوموناس، یولوتریکس، اسپیروژیر و ایدوگونیوم و اشاره به جایگاه تقسیم میوز و لقاح در هرکدام.

۴- فراگیری حدّاقل دو ویژگی که بتواند کریزوفیتا، پیروفیتا، یوگلنوفیتا، کلروفیتا، فئوفیتا و رودوفیتا را از یکدیگر متمایز نماید.

۵- درك مفاهیم واژه های نگاه دارنده، استایپ (پای)، پهنک، کیسهٔ هوایی، و ریسه.

۶- شناسایی عمل هریک از سه نوع ریسه در جلبکهای قرمز مانند پلی سیفونیا.

۷- فراگیری حدّاقل ۲۰ مورد استفادهٔ تجاری از جلبکها علاوه بر کاربردهای زیادآلجین.

نظر اجمالی

بعد از مقدّمه ای در مورد ویژگیهای مختصر سلسلهٔ پروتیستا، این فصل، شاخه های جلبکها

را مورد بحث قرار می دهد. ابتدا کریزوفیتا (جلبکهای سبز زرد، جلبکهای قهوه ای طلایی، دیاتومها و کریپتوفیتا) توضیح داده خواهند شد، بعد از آن شاخهٔ پیروفیتا (دینوفلاژتها) و نقش اساسی اعضای این شاخه در تشکیل موج قرمز و نورافشانی اشاره خواهد شد. در خصوص کلروفیتا (جلبکهای سبز)، تولیدمثل جنسی و غیرجنسی برای جلبکهایی نظیر کلامیدوموناس، یولوتریکس، اسپیروژیر، و ایدوگونیوم تشریح خواهد شد، و همچنین جلبکهای کلرلّا، دسمیدها، استابولاریاء، ولوکس، و کاهوی دریایی اشاره خواهد شد. بعد از خلاصه ای درمورد یوگلنوفیتا (یوگلنوییدها)، شاخه های فئوفیتا (جلبکهای قهوه ای) و رودوفیتا (جلبکهای قرمز) به صورت اجمالی همراه با بحثی پیرامون چرخهٔ زندگی برگزیده هایی از شاخه ها ارائه خواهد شد. سپس جدولی شامل خلاصه ای از اختلافات بین شاخه ها براساس ذخیره موادّ غذایی، رنگدانه ها، و تاژکها ترسیم شده، و در پایان فصل ارتباطات اکولوژیکی جلبکها را با انسان بررسی می نماییم.

مقدّمه

شواهد فسیلی نشان می دهد که کمتر از یک بیلیون سال پیش تمام موجودات زنده در اقیانوسها زندگی می کردند و در آن جا از خشک شدن، پرتوهای ماورای بنفش، و نوسانات زیاد دما محافظت می شدند. آنها همچنین موادّ غذایی مورد نیاز خود را مستقیماً از آب که در آن غوطه ور بودند جذب می کردند. از آثار فسیلی بر می آید که از حدود ۴۰۰ میلیون سال پیش، جلبکهای سبز که مهمترین اعضای سلسلهٔ پروتیستا هستند چندین بار از آب به خشکی انتقال یافته و سرانجام منشأ گیاهان سبز خشکی شدند. اخیراً دانشمندان در دانشگاه ویسکانسین حضور ترکیباتی شبیه لیگنین را در جلبکی بنام کولئوکیت[1] که یک جلبک کوچک آبهای شیرین است گزارش نموده اند. بطوری که در فصل ۳ نشان داده شد لیگنین به دیوارهٔ یاخته مقاومت می بخشد. کاشفین این مواد، پیشنهاد کرده اند که این ترکیب، آنها را در برابر میکربها محافظت می کرده است. این مادّه یکصد میلیون سال پیش از این که تکامل گیاهان از آب به خشکی صورت پذیرد حضور داشته است. حضور این مادّه در یاخته های جلبکی نشان می دهد که چگونه جلبکها توانسته اند با زیستگاه خشکی سازش نمایند.

1- Coleochaete

ویژگیهای سلسلهٔ پروتیستا

برخلاف سلسلهٔ مونرا که یاخته های پروکاریوتیکی دارند، سلسلهٔ پروتیستا دارای یاخته های یوکاریوتیکی هستند. موجودات این سلسله بسیار متنوّع می باشند لیکن هیچ کدام دارای مجموعهٔ خصوصیات سلسله های گیاهان، قارچها، و جانوران نیستند. تعداد زیادی مانند یوگلنوییدها، پروتوزوآها و بعضی از جلبکها تک یاخته ای می باشند در حالی که جلبکهای دیگر پر یاخته ای بوده و یا به صورت کلنی و ریسه ای وجود دارند. تغذیه بسیار متفاوت است به همان نسبت، بطوری که جلبکها فتوسنتز می کنند، پروتوزوآها غذای خود را می بلعند و اوگلنوییدها، یا فتوسنتز می کنند و یا غذای خود را می بلعند.

چرخهٔ زندگی این موجودات بطور قابل ملاحظه ای متفاوت است ولی تولید مثل عموماً به وسیلهٔ تقسیم یاخته ای و پدیده های جنسی صورت می گیرد. بعضی از پروتیستا متحرّك هستند و این عمل معمولاً به وسیلهٔ تاژك صورت می گیرد ولی بقیّه بخصوص گونه های پر یاخته ای غیرمتحرّك می باشند اگرچه بیشتر موجودات پر یاخته ای این سلسله تولید یاخته های متحرّك می کنند.

جلبکها

کودکان خوشبختی که شانس زندگی در سواحل اقیانوسها را داشته اند در محلّی که گیاهان دریایی به وسیلهٔ امواج دریا به ساحل آورده شده اند، غالباً پایشان را بر روی کیسه های هوایی کلپها گذاشته و آنها را وادار به ترکیدن نموده اند. دیگران که در سواحل دریاچه های آب شیرین و یا جریانات آب ملایم حرکت کرده اند با تودهٔ سبز لزج مانند سطح آب مواجه شده اند، و همچنین افرادی که ماهیهای معتدله را در اکواریومها نگاهداشته اند دیر یا زود مجبور شده اند که یک قشر سبز یا قهوه ای را از سطح درونی ظرف پاك کنند. کسانی که دارای استخر خصوصی در منازل خود هستند می دانند که سطح دیوارهٔ استخر بزودی به وسیلهٔ تکّه های رنگی پوشیده می شود، مگر این که موادّ شیمیایی ویژه ای جهت جلوگیری از تشکیل آنها بطور منظّم به استخر اضافه شود.

اگرچه تعدادی از علفهای دریایی پهنکهای برگ مانندی به صورت شناور دارند، لیکن جلبکها دارای برگ یا گل حقیقی نیستند. جلبکها با زندگی روزمرّهٔ انسانها بیش از آنچه تصوّر می شود ارتباط دارند(بخش انسان و روابط اکولوژیکی جلبکها). علفهای دریایی، زباله های استخر، لایه های رنگی اکواریومها و لکّه های سبزرنگ استخرها تنها نمونه های قلیلی از

جلبکها هستند که تماماً در سلسلهٔ پروتیستا قرار دارند. جلبکها برمبنای شکل و یاخته های تولید مثلی و ترکیب رنگدانه ها و ذخایر غذایی، به چند شاخه بزرگ تقسیم می شوند.

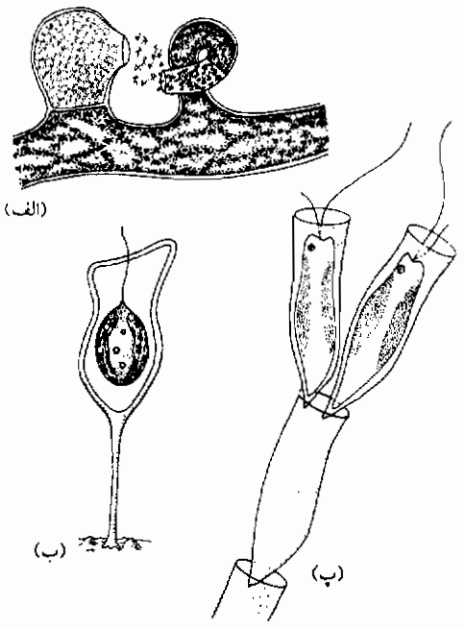
شاخهٔ کریزوفیتا ـ جلبکهای قهوه ای ـ طلایی

اگر حدود ۶ هزار عضو این شاخه میکروسکپی نبودند، بدون شک به دلیل زیبایی و حالتهای تزیینی که دارند به وسیلهٔ فروشگاههای هنری و سمساریها (آنتیک فروشیها) در سراسر دنیا جمع آوری می شدند (شکلهای ۱-۱۷، ۲-۱۷، ۳-۱۷). این جلبکها را می توان به چهار رده تقسیم نمود: جلبکهای سبز زرد (زانتوفسیه ها)[1]، جلبکهای قهوه ای ـ طلایی (کریزوفیسه ها)[2]، دیاتومها (باسیلاریوفیسه ها)[3]، و کریپتوفیتا (کریپتوفیسه ها)[4]. موجودات رده ها ممکن است ظاهراً با هم ارتباطی نداشته باشند لیکن از چندین نظر مانند زنجیره های غذایی، رنگدانه های اختصاصی و ویژگیهای یاخته ای با هم مشترکند. بعضی از اعضای هر رده تولید یاخته های در حال استراحت و منحصر به فردی بنام استاتوسپور[5] (شکل ۲-۱۷) را می کنند. این یاخته ها شبیه بطریهای شیشه ای کوچک با درپوش کامل هستند که به وسیلهٔ برداشته شدن درپوش، پروتوپلاسم داخل آنها به خارج رها می شود. بسیاری از استاتوسپورها دارای اَشکال برجسته و تزیینات جالبی در سطوح خود می باشند.

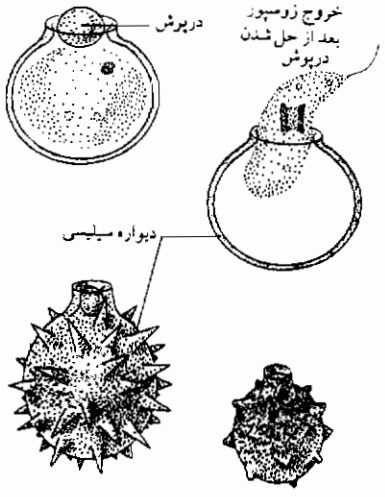
دیاتومها

دیاتومها شناخته شده ترین و اقتصادیترین جلبکهای شاخهٔ کریزوفیتا می باشند (شکل ۳-۱۷). این جلبکها که اکثراً تک یاخته ای می باشند به وفور در آبهای شیرین و شور یافت می شوند ولی در زیستگاههای دریایی سردتر بیشتر یافت می شوند. آنها همچنین در فلور جلبکی صخره های مرطوب، تنهٔ درختان، خاکهای برهنه و یا کنار ساختمانها نفوذ می کنند. بیشتر از ۵۶۰۰ گونهٔ زنده و بیش از این گونه های فسیل شناخته شده است. بعضی از آنها قادرند در برابر خشکی زیاد مقاومت کنند. اکنون یک گونه شناسایی شده است که بعد از ۴۸ سال که در خاك خشک به صورت نهفته قرار داشته مجدّداً فعّال شده است.

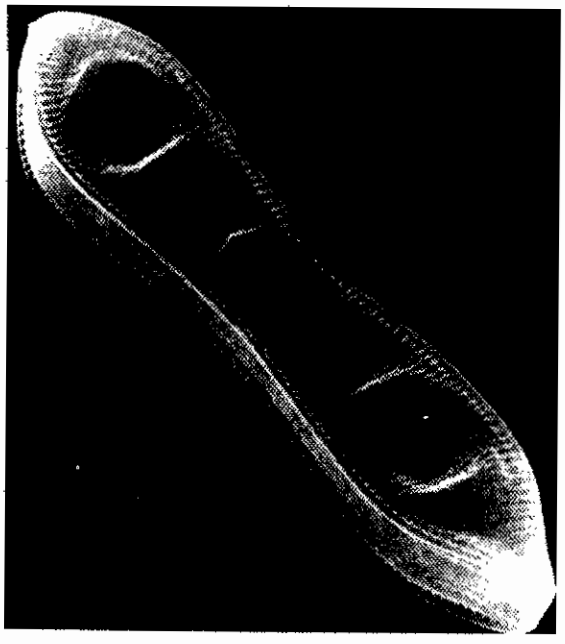
1- Xanthophyceae
2- Chrysophyceae
3- Bacillariophyceae
4- Cryptophyceae
5- Statospore



شکل ۱-۱۷ بعضی از نمونه‌های برگزیدهٔ شاخهٔ کریزوفیتا. الف ـ واشریا. ب ـ ستیپی توکوکوس (Stipitococcus). ت ـ دینوبریون.



شکل ۲-۱۷: استاتوسپورها که به‌وسیلهٔ بسیاری از جلبکهای قهوه‌ای طلایی تولید می‌شوند شبیه بطری مخصوص هستند (از کتاب اسمیت ۱۹۵۰ تحت عنوان «جلبکهای آب شیرین ایالات متحدهٔ آمریکا» اقتباس با کسب اجازه نشر ماگرا هیل McGraw-Hill).



شکل ۳-۱۷ یك دیاتوم (میکروسکپ الکترونی اسکن، عکس از پیکت هیپز J. D. Pickett-Heaps).

دیاتومها شبیه جعبه های کوچک شیشه ای قرص می باشند که نیمی از دیوارهٔ کریستالی سخت آنها درون نصف دیگر دیواره که روی آن افتاده است قرار می گیرد. تعدادی از دیاتومهای دریایی هنگامی که از بالا مشاهده شوند خطوط حاشیه ای آنها دایره ای به نظر می رسد، درحالی که گونه های آب شیرین گرایش به شکل قایق کشیده ای را دارند هنگامی که از همان سطح مشاهده شوند. دیواره ها دارای ۹۵ درصد سیلیس می باشند. سیلیس مادّهٔ سازندهٔ شیشه است که در ترکیبی از شبکهٔ موادّ آلی پکتینی یا موادّ دیگر رسوب نموده است. آنها معمولاً دارای شیارها و منافذی هستند که پروتوپلاسم آنها را با محیط آبی اطرافشان ارتباط می دهد. این شیارها به قدری شبیه و نزدیک یکدیگر هستند که برای آزمایش قدرت تفکیک عدسیهای میکروسکپ مورد استفاده قرار می گیرند. هنگامی که فیکولوژیستها (دانشمندانی که مطالعات آنها، به جلبکها اختصاص دارد) بخواهند نقوش روی دیواره های دیاتومها را بررسی نمایند پروتوپلاسم را غالباً با اسید داغ حل می کنند تا بتوانند آنها را واضح تر ببینند.

هر دیاتوم ممکن است یک، دو یا تعداد بیشتری کلروپلاست در هر یاخته داشته باشد. علاوه بر کلروفیل a، رنگدانه های فرعی مانند کلروفیل c و کلروفیل b معمولاً در آنها حضور دارند. کلروپلاستها معمولاً به رنگ قهوه ای ـ طلایی هستند. دلیل آن غالبیّت فوکگزانتین[1] یک رنگدانهٔ قهوه ای است که در جلبکهای قهوه ای نیز حضور دارد. ذخیرهٔ غذایی به صورت روغن، چربی، کربوهیدرات، و کریزولامینارین[2] است.

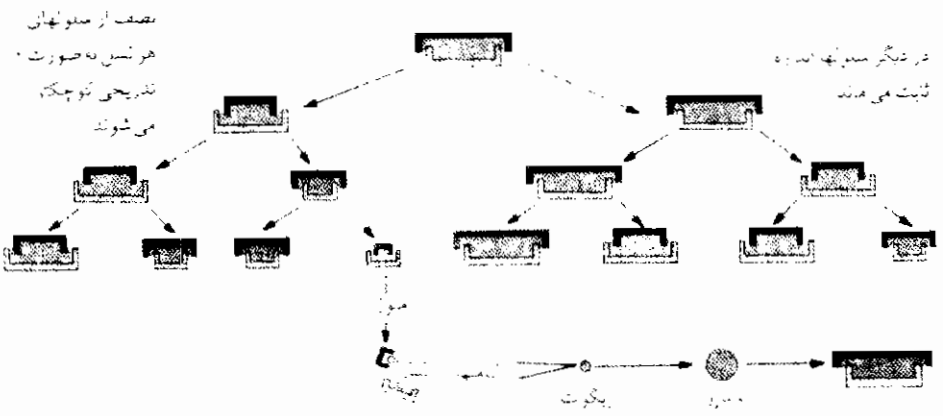
تعدادی از دیاتومهای آب شیرین توسّط حرکاتی نسبةً سریع به عقب و جلو حرکت می کنند. عقیده براین است که این حرکات در نتیجهٔ تأثیر عوامل خارجی صورت می گیرد. به نظر می رسد فیبریلهای بسیار ظریفی که درون این شیارها قرار دارند آب را جذب می کند، وقتی که این فیبریلها با سطحی تماس گیرند منقبض شده و به هم می چسبند و این عمل باعث حرکت مشابه حرکت کرم شب تاب در یاخته می شود. و اثری که از بعضی نظرها مشابه اثر حلزون است از خود باقی می گذارد.

تولید مثل در دیاتومها، منحصر به فرد می باشد (شکل ۴-۱۷). یک پروتوپلاسم که دیپلوییدی است طیّ میتوز تقسیم شده، دو نیمه یاخته به همراه پروتوپلاسم جوان که در هر نیمه باقی مانده جدا می شوند. سپس دیوارهٔ نیمهٔ جدید درون نیمهٔ قدیمی تشکیل می شود. این عمل تا چند یاخته (چند نسل) ادامه یافته و طیّ آن بعضی از یاخته ها تدریجاً کوچکتر می شوند. سرانجام، یک پروتوپلاست با تقسیم میوز، تولید چهار گامت می کند که از پوسته ها خارج می شوند. ترکیب گامتهای پروتوپلاستهای گوناگون ایجادسلّول تخمی بنام آگزوسپور[3] را می کند. آگزوسپور شبیه زیگوتهای دیگر است جز این که بطور سریع قبل از آن که دیوارهٔ قوطی مانندشان در اطراف آنها تشکیل شود اندازهٔ آن افزایش می یابد، تا به اندازهٔ اوّلیه دیاتوم می رسد.

شاخهٔ پیروفیتا (دینوفلاژلاتها)

گاه گاهی در اواسط تابستان در سواحل اقیانوس یک رنگ متمایل به قرمز در سطح آب مشاهده می شود که در نتیجهٔ پدیده ای بنام موج قرمز[4] ایجاد می شود. عدّه ای فنجانی از این آب را برای آزمایش و مشاهدات میکروسکپی برداشت می نمایند (چند قطره محلول فرمالین یا موادّ دیگر جهت حفظ موجودات به آن اضافه می شود).

1- Fucoxanthin
2- Chrysolaminarin
3- Auxospore
4- Red tide

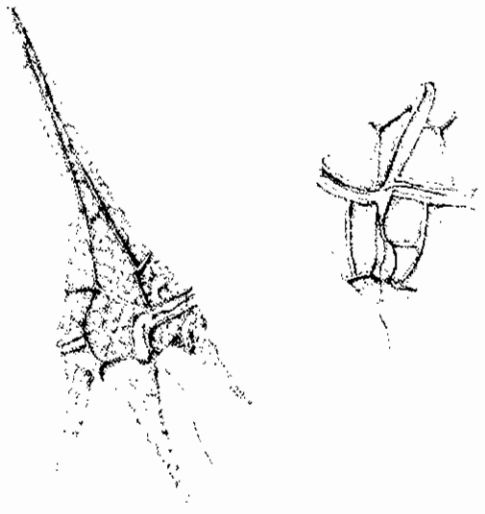


شکل ۴-۱۷ تولید مثل در دیاتومها

موجهای قرمز در نتیجهٔ حضور موجودات تک سلّولی بسیار زیاد بنام دینوفلاژلاتها ایجاد می شوند (شکل ۵-۱۷) که تاکنون بیش از ۳۰۰۰ گونه از آنها شناخته شده است. فنجان آب دریا معمولاً حاوی مقادیر فراوانی از این دینوفلاژلاتها بوده که شناخته شده ترین اعضای شاخهٔ پیروفیتا می باشند. بعضی از آنها ممکن است به سفینه های فضایی مسلّح، شبیه باشند. صفحات سپر مانند که درست زیر غشای پلاسمایی قرار دارند، از ترکیبات سلّولزی بوده و ضخامت آنها متفاوت است. دینوفلاژلاتها دارای ۲ تاژك بوده که ترتیب قرارگرفتن آنها باهم متفاوت است و معمولاً نزدیک و مجاور هم و در شیارهای متقاطع قرار می گیرند. یکی از تاژکها باعث حرکت مستقیم شده و در عقب موجود قرار دارد در حالی که تاژك دیگر، به آن حرکت چرخشی می دهد و مانند مار باریکی در شیار عمود بر شیار اوّلی قرار می گیرد.

بیشتر گونه های دینوفلاژلاتها ۲ یا چند کلروپلاست صفحه ای دارند که شامل رنگدانه های قهوه ای مختلف علاوه بر رنگدانه هایی مانند کلروفیل a و c می باشند. ولی در هر صورت حدود ۴۵ درصد گونه های آنها غیرفتوسنتزی می باشند و بعضی دیگر که ممکن است فتوسنتزی یا غیرفتوسنتزی باشند ذرّات غذایی را جذب می کنند. برخی از آنها لکّهٔ چشمی دارند (اندامک رنگدانه داری که نسبت به نور حسّاس است) و تمام آنها دارای هسته ای هستند که در آن کروموزومها متراکم بوده و بطور واضحی در سراسر زندگی یاخته قابل دیدن می باشند.

کروموزومها بطور نامتناسبی DNA زیادی دارند (تا ۴۰ مرتبه بیشتر از یاخته‌های بیشتر جانداران دیگر) غذایی نشاسته در دینوفلاژلاتها خارج از کلروپلاست دیده می شوند



(الف) (ب)

شکل ۵-۱۷ دینوفلاژلاتها. الف ـ سراتیوم. ب ـ گونیالاکس.

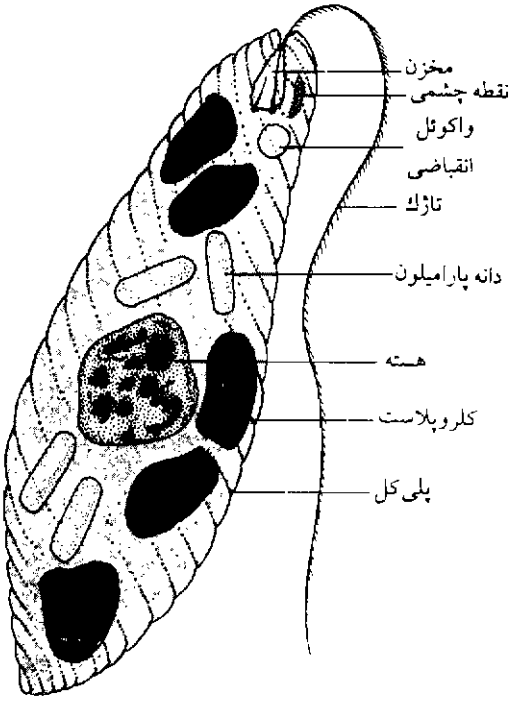
دینوفلاژلاتها در بیشتر آبهای شور و شیرین حضور دارند ولی آنهایی که باعث امواج قرمز می شوند بیشتر شهرت دارند چون سموم قَویی را تولید می کنند که باعث مرگ ماهیها و ماهیهای صدفی می شوند. در حقیقت این سموم که فلج کنندهٔ سیستم عصبی انسان می باشند، جهت استفاده در جنگهای شیمیایی مورد مطالعه هستند. نابودی صنعت ماهی گیری در اثر امواج قرمز به قدری زیاد بوده است که چندین آزمایشگاه تحقیقاتی جهت مطالعهٔ دینوفلاژلاتها و زیستگاههای دریایی آنها ایجاد گردیده تا در آینده راهی را برای جلوگیری از چنین نابودیهایی پیدا کنند.

بعضی دینوفیلاژلاتها نورزایی داشته و نقش اساسی را در پدیدهٔ بیولوژی نورزایی[1] ایفا می کنند (فصل ۱۱) که در اقیانوسهای گرم دیده می شوند. در شب اگر دینوفلاژلاتها زیاد بوده و آب موّاج باشد درخشنده به نظر می رسند بخصوص هنگامی که موجها می شکنند.

1- Bioluminescence

شاخهٔ یوگلنوفیتا ـ یوگلنوییدها

در آب استخرها و فاضلابها غالباً شکوفه های سبز رنگی غنی از جلبکها گسترش می یابد. آزمایشات آبهای سطحی چنین محلهایی به کمک میکروسکپ معمولاً یاخته های سبز فعّالی را نشان می دهند و با مطالعهٔ دقیقتر یک یا چند گونه از بیش از ۷۵۰ گونه یوگلنوییدها که یوگلنا بارزترین نمونهٔ آن است مشاهده می شود (شکل ۶-۱۷).



شکل ۶-۱۷ یوگلنا

یک یاختهٔ یوگلنا که دوکی شکل بوده و فاقد دیوارهٔ ضخیم است دیده می شود که ظاهراً هنگام حرکت تغییر شکل می دهد. درست در زیر غشای پلاسمایی نوارهای نازکی قرار دارند که به صورت موازی به دور جلبک پیچیده اند. نوارها و غشای پلاسمایی که فاقد سلّولزند مجموعاً پلیکل[1] نامیده می شوند. یک تاژك فعّال که در یک سَمت آن کرکهای مویی واقع است یاخته را

1- Pellicle

در آب می کشد. یک تاژك دیگر که کوتاه است در مخزن و نزدیک تاژك فعّال قرار دارد. ویژگی دیگر یوگلنا، داشتن گولت[1] یا کانالی است که از میان آن موادّ غذایی عبور می کند. یک سوم از ۵۰۰ گونه یوگلناهای کانال دار، هرکدام دارای چندین کلروپلاست صفحه ای می باشند. یک لکهٔ چشمی قرمز، در سیتوپلاسم و نزدیک پایهٔ تاژکها قرار دارد، ذخیرهٔ هیدراتهای کربن نیز به صورت پارامیلون و به شکل اجسام سفید رنگ کوچکی نیز در یاخته حضور دارند.

تولید مثل به وسیلهٔ تقسیم یاخته ای می باشد. یاخته در انتهای تاژك دار شروع به تقسیم نموده و در نهایت به صورت طولی شکافته می شود و دو یاختهٔ کامل را ایجاد می نماید. به تولید مثل جنسی اشاره شده ولی تاکنون تأیید نشده است.

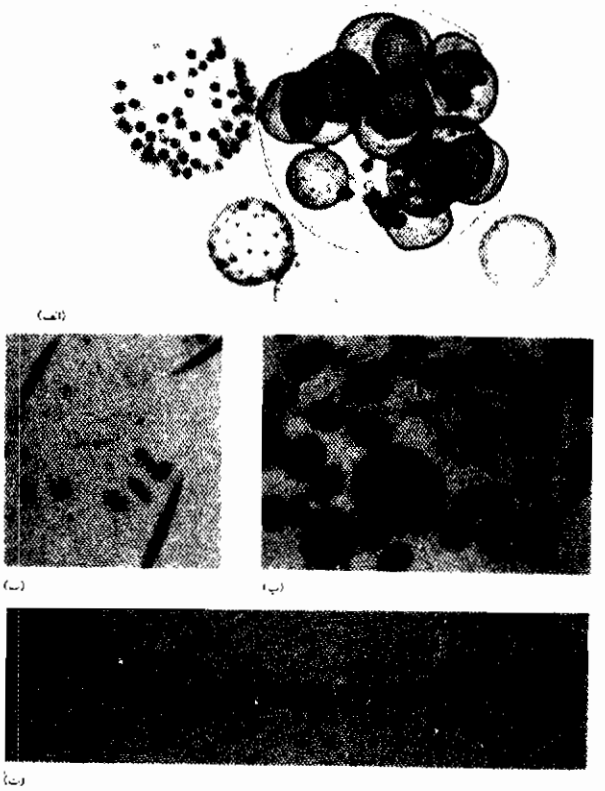
بعضی گونه های یوگلنا چنانچه غذای کافی و ویتامینها را در اختیار داشته باشند در تاریکی قادر به ادامه حیات می باشند. بعضی از آنها در شرایط ویژه ای سریعتر از کلروپلاستهای خود تقسیم می شوند بطوری که تعدادی یاخته آزاد فاقد کلروپلاست تشکیل می گردد. تا زمانی که شرایط محیطی مناسب باشد آنها می توانند بطور نامحدود ادامهٔ حیات دهند. در گذشته که تنها دو سلسله موجودات شناخته شده بود، چون یوگلنا برای به دست آوردن انرژی مورد نیاز خود، هم فتوسنتز کرده، و هم موادّ غذایی را می بلعد در نتیجه در متون گیاه شناسی به عنوان گیاه، و در متون جانورشناسی به عنوان جانور مطرح بوده است.

شاخهٔ کلروفیتا ـ جلبکهای سبز

تقریباً ۷۵۰۰ گونه موجودات، در بزرگترین شاخهٔ جلبکی یعنی شاخهٔ کلروفیتا قرار می گیرند که معمولاً به عنوان جلبکهای سبز شناخته می شوند. آنها بسیار متنوّع بوده و در همه جا دیده می شوند بعضی به شکل تک یاخته ایهای میکروسکپی و یا ریسه ای نخی شکل هستند در حالی که بعضی دیگر کلنیهای صفحه ای یا لوله ایهای شبکه ای و یا توپهای توخالی را ایجاد می نمایند. بعضی از جلبکهای سبز، از گیاهان دریایی به شمار می آیند که شبیه برگهای کاهو یا ریسمانهای سبز که تا چندین متر طول دارند. تعدادی از اَشکال تک یاخته ای به صورت قطعات و یا نوارهای سبز رنگی بر روی تنهٔ درختان رشد می کنند، یا هنگامی که در روی پوست حیوانات جنگلی به مقدار زیاد رشد می کنند باعث استتار آنها می شوند. در حالی که بعضی دیگر در توده های برف، بر روی کرمهای پهن و اسفنجها و یا در پشت لاك پشتان دیده می شوند.

1- Gullet

جلبکهای سبز بطور متداول در تشکیل گلسنگها شرکت می کنند (فصل ۱۸)، ولی بیشترین تنوّع آنها را می توان در برکه های آب شیرین، دریاچه ها، جویبارها و در اقیانوسها که قسمت مهمّی از پلانکتونها (موجوداتی میکروسکپی که به صورت آزاد شناورند) را تشکیل می دهند مشاهده نمود. بنابراین عضو زنجیرهٔ غذایی هستند (شکل ۷-۱۷).



شکل ۷-۱۷ برگزیده‌هایی از جلبکهای سبز. الف ـ ولوکس یاخته‌ها یك کلنی کُروی توخالی را تشکیل می‌دهند که به‌دور محورهای خود می‌چرخد. تاژکهای هرکدام از یاخته‌ها طوری می‌زند که حرکت هماهنگ و یکنواختی ایجاد می‌شود. کلنیهای جدید درون کلنیهای کهنه ایجاد می‌شود. ب ـ دسمیدها این جلبکها از تك‌یاخته‌ها تشکیل شده که غالباً در وسط یك فرورفتگی عمیق ایجاد می‌نمایند. (شکل ۱۳-۱۷). پ ـ پاندورینا جلبك کلنی که کلنیهای کُروی ایجاد می‌نماید. ت ـ اولوتریکس. این‌جا یك قطعه از رشتهٔ غیرمنشعب با کلروپلاستهای انفرادی حلقه‌ای‌شکل درون هر یاخته نشان داده شده است. رشته‌ها در یك انتها به‌وسیلهٔ نگاه‌دارندهٔ تك‌یاخته‌ای به‌صخره یك‌شئ دیگر اتّصال حاصل می‌نمایند (شکل ۱۰-۱۷).

یاخته های جلبکهای سبز، ازنظر داشتن کلروفیل a و b و دیگر رنگدانه ها، به گیاهان تکامل یافته شبیهند. همچنین عقیده براین است که جلبکهای سبز، از اجداد گیاهان تکامل یافته بوده و نظیر آنها، نشاسته را در کلروپلاست ذخیره می نمایند. گرچه بیشتر از جلبکهای سبز در یاختـه هایشان یک هستـه دارند یک گروه (بریوپسیدا)[1] دارای یاخته های چند هسته ای می باشند. اکثر جلبکهای سبز، هر دو نوع تولید مثل جنسی و غیرجنسی را می توانند انجام دهند (فصل ۱۲). حالاتی که آنها تولید مثل انجام می دهند نشان دهندهٔ اَشکال تولید مثلی است که در دیگر موجودات زنده در فصلهای آینده توضیح داده می شود. چندین جلبک سبز به عنوان نمونه های برگزیده با جزئیات بیشتر شرح داده می شوند.

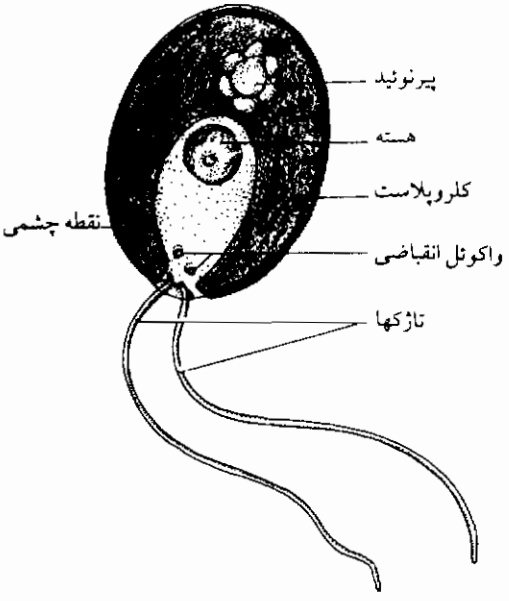
کلامیدوموناس[2]

کلامیدوموناس یک جلبک پر تحرّک کوچکی است (شکل ۸-۱۷) که در استخرهای آب شیرین به فراوانی یافت می شود. این جلبک بین موجودات یوکاریوتیکی دارای تاریخچهٔ قدیمی است بطوری که آثار فسیلی خویشاوندان آن درون سنگهایی تشکیل شده است که گفته می شود ممکن است تا یک بیلیون سال قدمت داشته باشند.

کلامیدوموناس تک یاخته است با شکل تقریبی تخم مرغی که به وسیلهٔ دیوارهٔ سلّولزی احاطه شده است. یک جفت تاژك شلّاقی در یک انتها قرار دارند که قادرند یاخته را به سرعت حرکت دهند، ولی تاژك بندرت با میکروسکپ نوری معمولی دیده می شود و خود یاخته تنها دارای طولی کمتر از ۲۵ میکرون (میکرون معادل $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ میلی متر) است. در نزدیک پایه تاژکها حدّاقل ۲ واکوئل وجود دارد که می توانند منقبض و منبسط شوند. ظاهراً واکوئلها آب درون یاختـه را تنظیم می کنند. ویژگی بارز هر کلامیدوموناس کلروپلاست منفرد و فنجانی شکل است که معمولاً هستهٔ مرکزی را پنهان می کند. درون کلروپلاست یک یا دو پیرنوئید[3] برّاق کروی وجود دارد که ساختمانهای پروتئینی هستند و دارای آنزیمهای ویژه ای در ارتباط با سنتز نشاسته می باشند. بیشتر گونه ها دارای لکّهٔ چشمی قرمز رنگی در روی کلروپلاست و نزدیک پایهٔ تاژك هستند، گرچه لکّهٔ چشمی، تنها قسمتی از اندامک یک یاخته

1- Bryopsida
2- Chlamydomonas
3- Pyrenoid

است و ساختمانی شبیه چشم ندارد، ولی نشان داده شده است که نسبت به نور حسّاس می باشد.



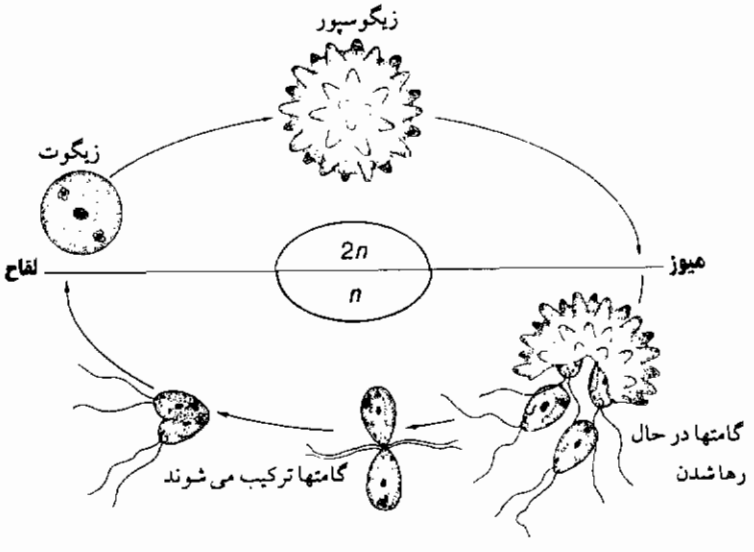
شکل ۸-۱۷ کلامیدومرناس

تولیدمثل غیرجنسی

قبل از این که کلامیدومرناس به صورت غیرجنسی تولیدمثل کند، تاژکهای آن افتاده و یا جذب می شوند. سپس هسته، تقسیم میتوز نموده و پروتوپلاسم بین دو سلّول که دارای دیوارهٔ سلّولزی هستند تقسیم می شود. این دو سلّول جوان که تولید تاژك می کنند بعد از تجزیهٔ دیوارهٔ یاختهٔ والد به درون آب رها شده و شناور می شوند. هنگامی که این یاخته ها رشد کردند و به اندازه نهایی رسیدند این مرحله را مجدّداً تکرار می کنند. بعضی اوقات میتوز بیشتر از یک بار اتفاق می افتد بطوری که ۴، ۸، یا حتّی ۳۲ سلّول کوچک تاژکدار درون سلّول والد تولید می شوند. گه گاهی تاژکها ظاهر نمی شوند و یاخته ها به صورت کلنی باقی می مانند. ولی هنگامی که شرایط رشد تغییر کند هرکدام از یاخته های کلنی تولید تاژك کرده و مستقلاً شنا می کنند. این نوع تولیدمثل هیچ گونه تغییری را در تعداد کروموزومهای موجود در هسته ایجاد نکرده و همه یاخته ها هاپلوییدی باقی می مانند (فصل ۱۲).

تولید مثل جنسی

تحت شرایط محیطی ویژه‌ای، نیروهای ناشناخته‌ای در موجودات ممکن است جمعیّتهایی از کلامیدوموناسها را در کنار هم جمع کند. مطالعهٔ دقیق هر پدیده نشان داده است یک زوج یاخته یکدیگر را به وسیلهٔ تاژك جذب کرده و به عنوان گامت عمل می نمایند که گاهی از دو نوع هستند. دیوارهٔ سلّولی تجزیه شده و با ظهور پروتوپلاستها جفت گیری کرده پس از ترکیب تولید تخم را می کنند. یک دیوارهٔ جدید که غالباً نسبةً ضخیم بوده و دارای تزییناتی است در اطراف تخم تشکیل می شود. تخم تا چند روز، چند هفته، یا حتّی چند ماه به صورت نهفته باقی می ماند ولی در شرایط مطلوب تغییراتی در آن ایجاد می شود. پروتوپلاست که اکنون دیپلوییدی است میوز انجام داده و تولید چهار زوسپور هاپلوییدی می کند (یاخته های متحرّکی که هرگز با یاخته های دیگر ترکیب نمی شوند، بسیاری از جلبکهای مختلف تولید زوسپور می کنند). هنگامی که دیوارهٔ قدیمی تخم تجزیه شود زوسپورها رها شده و شناور می شوند، و به اندازهٔ کامل یاختهٔ کلامیدوسپور رشد می کنند (شکل ۹-۱۷).



شکل ۹-۱۷ چرخهٔ زندگی جنسی کلامیدوموناس.

یولوتریکس

غالباً در یک بررسی از شاخهٔ مردهٔ گیاهان، سنگها، دیگر موادّ زاید در برکه های آب سرد شیرین، دریاچه ها و جویبارها، جلبکهای ریسه ای بنام یولوتریکس دیده می شوند (شکل ۱۰-۱۷). نام این جلبک از واژه های یونانی oulos (پشم آلود) و thrix (مو) مشتق می شود. همچنین گونه هایی از یولوتریکس ***دریازی*** هستند. هر جلبک دارای یک ردیف یاخته های استوانه ای می باشد که انتهابه انتها به هم وصلند و تشکیل ریسه را می دهند. یاخته پایه ای هر ریسه کمی طویلتر از یاخته های دیگر است و به عنوان یاختهٔ نگاه دارنده عمل می کند. هستهٔ هر یاخته به وسیلهٔ کلروپلاست پر پهنایی احاطه می شود. کلروپلاست به شکل گردن بند ناقص یا کامل می باشد و دارای یک تا چند پیرنوئید است. ریسه ها به وسیلهٔ تقسیم تمام یاخته ها، بجز یاخته های نگاه دارنده، قادر به افزایش طول هستند.

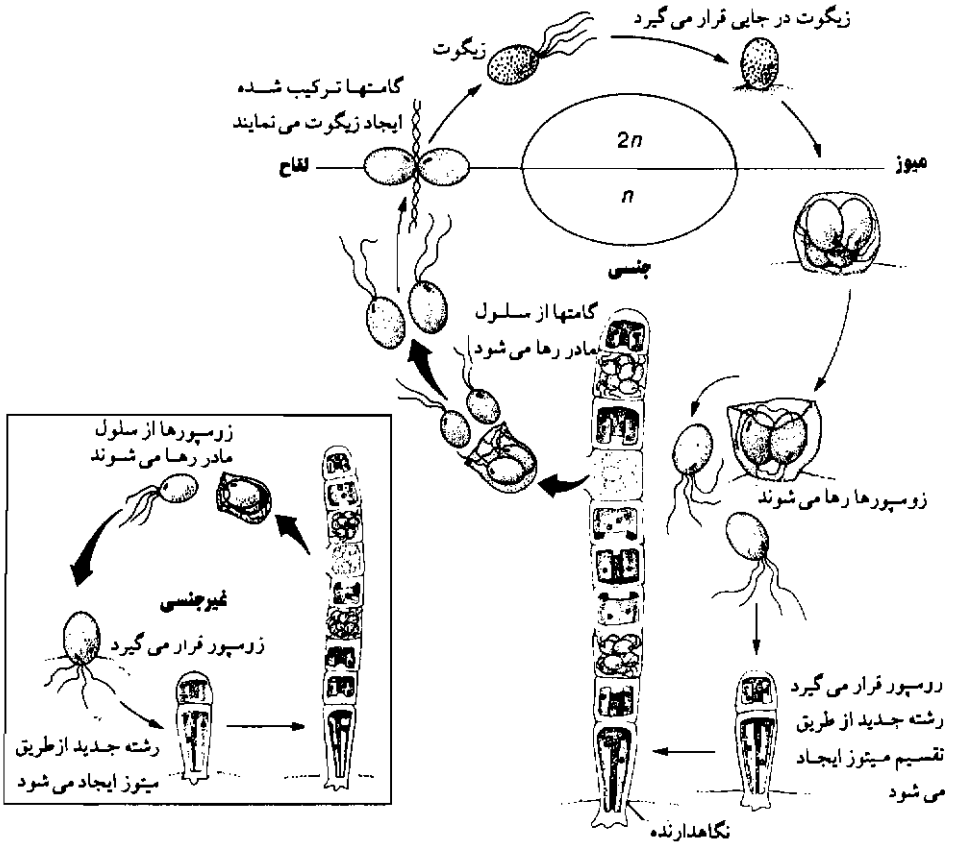
تولید مثل غیرجنسی

پروتوپلاست هر یاخته بجز یاخته نگاه دارنده درون دیوارهٔ سخت خود متراکم شده، با تقسیم میتوز تولید زوسپور می کند. زوسپورهای یولوتریکس کاملاً شبیه یاخته های کلامیدومونـاس هستند زیرا هم واکوئل انقباضی دارند و هم لکّهٔ چشمی، ولی به جای دو تاژك ۴ تاژك دارند.

غالباً یک پروتوپلاست قبل از این که به زوسپور تبدیل شود، یک تا چندین بار تقسیم می شود. ولی بعد از تشکیل زوسپورها ازطریق منافذ موجود در دیوارهٔ یاختهٔ والد، خارج شده و در آب شناور می شوند. بعد از چند ساعت تا چند روز بعد از رها شدن با از دست دادن تاژکها در جایی قرار گرفته و شروع به تقسیم می کند. یکی از دو یاختهٔ جوان نگاه دارنده می شود، در حالی که دیگری به تقسیم ادامه داده و ریسهٔ جدیدی را تولید می کند. در بعضی نمونه ها پروتوپلاست بعد از متراکم شدن و تقسیم، تولید تاژك نکرده ولی قادر است جوانه زده و ایجاد ریسه جدید بنماید. چنین یاخته هایی در حالی که دیوارهٔ یاختهٔ مادر تجزیه شده و رها گردند آپلانوسپور[2] نامیده می شوند.

1- Ulothrix

2- Aplanospore



شکل ۱۰-۱۷ چرخهٔ زندگی یولوتریکس

تولید مثل جنسی

تولید مثل جنسی و غیرجنسی، به یک صورت شروع می شود. پروتوپلاسم تمام سلّولها (جز نگاه دارنده) متراکم شده و سپس تقسیم می شود. تا ۶۴ یاخته شبیه زوسپور هرکدام با دو تاژك ممکن است تولید شود. هنگام رها شدن این زوسپورها می توانند به عنوان گامت عمل کرده با هم یا گامتهای ریسهٔ دیگر ترکیب شده و ایجاد تخم نمایند. تخمها ایجاد دیوارهٔ ضخیمی کرده و وارد مرحلهٔ خواب می شوند. سرانجام پروتوپلاست آنها وارد تقسیم شده (میوز) و تولید زوسپورهایی را می کند که قادرند ریسهٔ جدیدی را تولید کنند.

گرچه گامتهای یولوتریکس، از ریسه های متفاوت می آیند ولی دارای اندازه و شکل یکسانی هستند. تولید مثل جنسی که به وسیلهٔ گامتهای مشابه صورت می گیرد ایزوگامی[1] نامیده می شود. این نوع تولید مثل در موجودات ساده تر دیده شده است. تنها تخمهای یولوتریکس در چرخهٔ زندگی دیپلوییدی (2n) هستند مانند کلامیدوموناس. تمام یاخته های دیگر هاپلوییدی (n) می باشند.

اسپیروزیر[2]

اوّلین تجربه ای که ازطریق لمس کردن اسپیروزیر یا «ابریشم آبی» حاصل می شود چندان خوشایند نیست چون در اثر حضور غلاف آبکی اطراف ریسه ها احساس لزجی دست می دهد. مشاهدات میکروسکپی یک جلبک زیبا با جالبترین کلروپلاست شناخته شده را به نمایش می گذارد.

این جلبکها در آب شیرین متداولند و ایجاد رشته های غیرمنشعب را می کنند که از یاخته های استوانه ای شکل تشکیل شده اند و به فراوانی در سطح آبهای آرام شناورند. هرکدام از یاخته ها حاوی یک یا بیشتر کلروپلاست نواری کمی موّاج بوده که به نظر می رسد دور یک محور خیالی پیچیده شده و بیشتر از محوّطهٔ درونی یاخته را اشغال کرده است. برخی گونه های اسپیروژیر ممکن است تا ۱۶ کلروپلاست درون هر یاخته داشته باشند. هرکدام از این نوارهای سبز زیبا دارای پیرنوییدهایی در فواصل منظّمی می باشند.

تولید مثل غیرجنسی

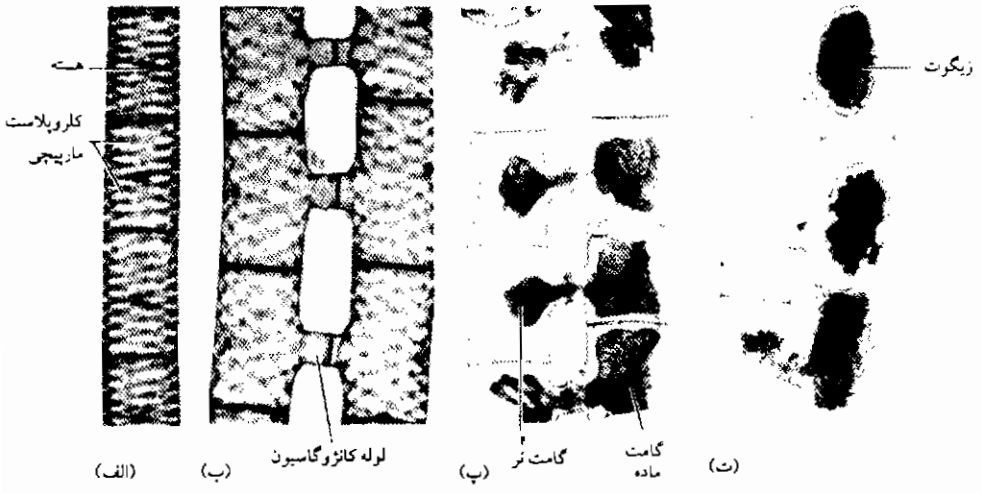
برخلاف دو جلبکی که هم اکنون توضیح داده شد اسپیروژیر هیچ گونه زوسپور تاژکداری تولید نمی کند. هر یاخته، خود قادر به تقسیم می باشد، ولی تولید مثل غیرجنسی که منجر به ریسه های جدید می شود بر اثر تخریب یا قطعه قطعه شدن ریسه های موجود حاصل می شود. این حالت مکرّراً در نتیجهٔ توفان یا عوامل تخریب کنندهٔ دیگر حاصل می شود.

تولید مثل جنسی

در کلنیهای اسپیروژیر، ریسه ها معمولاً نزدیک به هم قرار دارند (آن قدر نزدیک که با هم

1- Isogamy 2- Spirogyra

تماس حاصل می کنند) . هنگامی که تولید مثل جنسی شروع می شود یاخته های مجزّا در ریسه های مجاور برآمدگیهای کوچکی بنام پاپیل در مقابل هم ایجاد می نمایند . هنگامی که پاپیلها رشد کردند به دو ریسهٔ مجاور هم نیرو وارد کرده و نوك آنها در هم ادغام می شود . در این هنگام لولهٔ استوانه ای کوچکی بنام لولهٔ کانجوگاسیون[1] بین دو یاخته ایجاد شده سپس پروتوپلاستهای متراکم به عنوان گامتها عمل می نمایند . معمولاً گامتهای یک ریسه مانند آمیب از میان لولهٔ کانجوگاسیون عبور کرده به یاخته های مقابل راه یافته با آنها ترکیب شده و ایجاد تخم می نمایند . هرکدام از پروتوپلاستهای متحرّك ***گامت نر*** محسوب می شود در حالی که ***گامت ثابت*** به عنوان گامت ماده عمل می نماید (شکل ۱۱-۱۷) .



شکل ۱۱-۱۷ اسپیروژیر (ابریشم آبی). الف ـ بخشی از ریسه رویشی که در آن کلروپلاستهای مارپیچی نواری شکل با نظم ویژهٔ خود درون یاخته نشان داده شده است. شئ تیره ترکه در وسط یاخته قرار گرفته است هسته می باشد. ب ـ پاپیلها از یاخته های متقابل دو ریسه رشد نموده است که رویرو و نزدیك هم قرار گرفته و لوله های کانجوگاسیون را تشکیل داده است. پ ـ پروتوپلاستهای متراکم در یاخته های سمت چپ به عنوان گامتهای نر عمل نموده و ازطریق لوله های کانجوگاسیون به گامتهای مادهٔ ساکن در یاخته های سمت راست مهاجرت می نمایند. ت ـ در بعضی از یاخته های سمت راست تخمها در نتیجه ترکیب گامتها تشکیل گردیده است.

1- Conjugation

تخمها معمولاً ایجاد دیواره های ضخیمی را کرده و برای مدّتی در طول زمستان به حالت خواب باقی می مانند. تخمهای با دیوارهٔ ضخیم، از ویژگیهای اکثر جلبکهای سبز آب شیرین است. سرانجام پروتوپلاست تخمها میوز انجام داده و تولید ۴ یاخته هاپلوییدی می کنند. سه عدد از آنها تحلیل رفته، سپس از درون پوستهٔ قدیمی تخم ریسهٔ اسپیروژیر جدید رشد می کند. نوع تولید مثل جنسی که در اسپیروژیر نشان داده شد، کانجوگاسیون نامیده می شود.

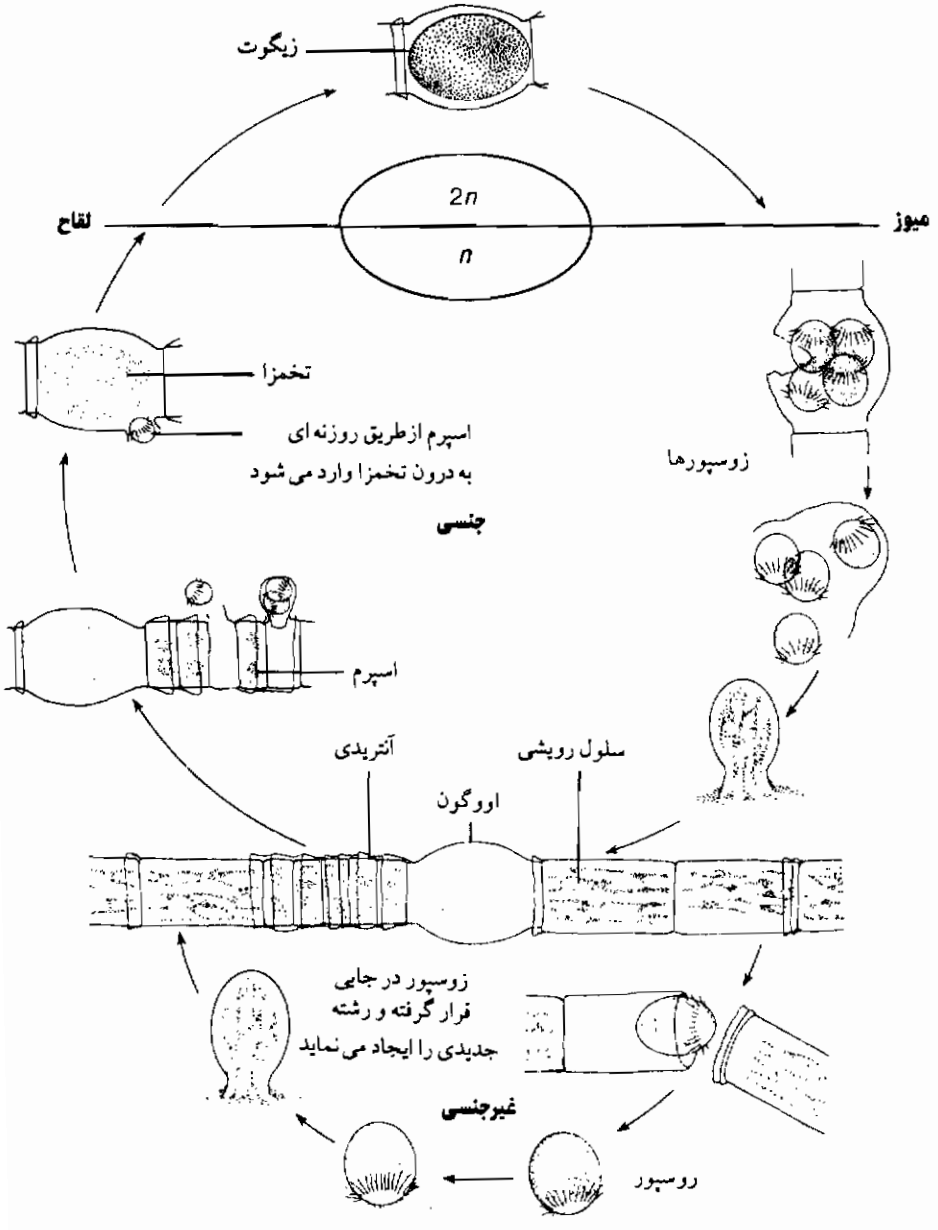
ایدوگونیوم[1]

غالباً در سطح گیاهان گلدار آب زی و یا دیگر جلبکها، یک جلبک سبز ریسه ای بنام ee-doh-goh-nee-um می روید. ولی این جلبک به هیچ وجه انگل نمی باشد. جلبکها و گیاهانی که به این طریق روی موجودات دیگر می رویند اپی فیت[2] نامیده می شوند. یاخته های پایهٔ این ریسه غیرمنشعب، تشکیل نگاه دارنده را داده و یاخته های نوك گرد است. یاخته های دیگر استوانه ای بوده و پشت سر هم قرار می گیرند. واژه ایدوگونیوم از «یاخته های زایشی متورّم» آمده که این واژه کاملاً مصداق دارد زیرا یاخته های زایشی ماده بطور قابل ملاحظه ای متورّم هستند. هر یاخته دارای یک کلروپلاست بزرگ مشبّک است که پچیده شده و تشکیل یک لوله می دهد و مانند یک سبد بافته اطراف پروتوپلاست قرار دارد. پیرنوئیدها در محلّ تقاطع شبکه وجود دارند.

تولید مثل غیرجنسی

اکینیتها[3] (یاخته های زمستانه دیوارهٔ ضخیم) ممکن است گاه گاهی تشکیل شوند ولی بطور معمول یاخته های رأسی ریسه زوسپور ایجاد می کنند (شکل ۱۲-۱۷). برخلاف زوسپورهای دیگر جلبکها، زوسپورهای ایدوگونیوم حدود ۱۲۰ تاژك کوچک دارند که در اطراف یک انتهای یاخته قرار دارند. زوسپورها مشابه سر کوچک تاس و فاقد صورتی می مانند و حرکت چرخشی سریع آنها هنگام مطالعهٔ میکروسکپی کاملاً مشهود است. زوسپورها بعد از این که از ریسه جدا شدند سرانجام به جایی چسبیده و مانند یولوتریکس تشکیل ریسهٔ جدیدی را می دهند.

1- Oedogonium
2- Epiphyte
3- Akinetes



شکل ۱۲-۱۷ چرخهٔ زندگی ایدوگونیوم.

تولید مثل جنسی

تولید مثل جنسی در ایدوگونیوم از جلبکهایی که تاکنون بحث شد پیشرفته تر است. یاخته های قوطی مانند کوتاهی بنام آنتریدیوم در کنار یاخته های رویشی معمولی ریسه ایجاد می شود. یک جفت گامت نر یا اسپرم از هر آنتریدیوم ایجاد می شود. اسپرمها شبیه زوسپورها ولی کوچکتر هستند. بعضی از یاخته ها متورّم شده و بیضی شکل و یا کُروی می گردند. هرکدام از آنها دارای یک گامت ماده یا تخم زا می باشد که تمام یاخته را اشغال کرده است. هنگامی که تخم زا بالغ شد یک منفذ در اُوگونیوم ایجاد می شود. با رها شدن اسپرمها از آنتریدیوم آنها به وسیلهٔ مادّه ای که از تخم زا آزاد می شود به سوی اُوگونیوم جذب می شوند. یک اسپرم نهایةً از منفذ وارد اُوگونیوم شده و با تخم زا ترکیب می شود و تشکیل سلّول تخم را می دهد. در بعضی از گونه های ایدوگونیوم، اُوگونیومها تنها روی ریسهٔ ماده، و آنتریدیومها تنها روی ریسهٔ نر، تولید می شوند. بعضی اوقات ریسهٔ نر خیلی کوتاه است و بر روی ریسهٔ ماده به صورت اپی فیت قرار می گیرد. هرکدام از آنها به وسیلهٔ هورمونهایی بالغ می شوند.

تخمها ممکن است برای یک سال یا بیشتر به حالت خواب باقی بمانند ولی سرانجام به روش تقسیم میوز، تولید چهار زوسپور را می کنند. هرکدام از زوسپورها قادرند ریسه جدیدی را تولید کنند. تولید مثل جنسی که توسّط ایدوگونیوم صورت می گیرد و در آن یک گامت متحرّك (دارای حرکت خودبه خودی) و گامت دیگر ثابت است اووگامی[1] نامیده می شود.

جلبکهای سبز دیگر

همان طور که قبلاً اشاره شد جلبکهای سبز گروههایی با تنوّع فوق العاده شکل ظاهری و کلروپلاستها را تشکیل می دهند. بدیهی است هرگونه برای این که ادامهٔ حیات دهد بایستی تولید مثل بکند. اکثر آنها تولید مثل جنسی و غیرجنسی هر دو را انجام می دهند ولی عدّهٔ معدودی چنین نیستند. برای مثال جلبکهای متداولی در سراسر دنیا که بر روی تنهٔ بعضی درختان به ظاهر به صورت لکّه های سبز کم رنگی با برس نقاشی شده اند، معمولاً به اَشکال تک سلّولی و کلنی هستند که تنها ازطریق غیرجنسی تولید مثل می کنند. این جلبکها و همچنین کلرلّا[2] که جلبک سبز

1- Oogamy 2- Chlorella

فراوان دیگری است و از یاخته های کوچک کُروی تشکیل شده است، هنگام تولید مثل از طریق تقسیم میتوز، هم تولید سلّولهای جوان (دختر)، و هم تولید آپلانوسپور می کند. یاخته های جوان درون یاختهٔ مادر به صورت یک بسته باقی می مانند در حالی که آپلانوسپورها که نیز درون یاخته های مادر تشکیل می شوند هنگامی که دیوارهٔ یاختهٔ مادر تجزیه شد، آزاد شده و به اندازهٔ کامل رشد می نمایند.

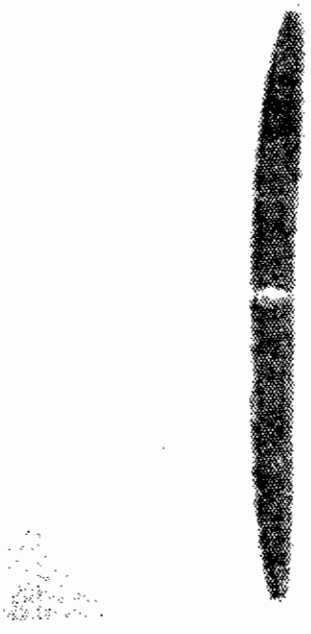
کشت کلرلّا بسیار ساده است و یک موجود زندهٔ مطلوب برای تحقیقات دانشمندان به شمار می رود. کلرلّا در پژوهش فتوسنتز و تنفّس مورد استفاده قرار می گیرد، در آینده نه تنها برای تغذیهٔ انسان اهمّیت پیدا می کند (بخش انسان و روابط اکولوژیکی جلبکها)، بلکه در سفرهای فضایی اکتشافی و طویل المدّت ممکن است نقش کلیدی ایفا کند. مسافرتهای فضایی امروزه به وسیلهٔ مخزنهای سنگین اکسیژن و آذوقهٔ غذایی که در سفینه حمل می شود بشدّت محدود می شوند. بنابراین، دانشمندان روی کلرلا و جلبکهای مشابهی تحقیق می کنند تا بتوانند از آنها به عنوان تولیدکنندهٔ اکسیژن و منبع غذایی استفاده نمایند. در آینده ممکن است سفینه ها توسّط مخزنهایی از چنین جلبکهایی مجهّز شوند. این جلبکها با استفاده از نور و دی اکسید کربن دفع شده به وسیلهٔ فضانوردان فتوسنتز انجام می دهند در حالی که برای آنها کسیژن تولید می کنند. همان طور که جلبکها تکثیر می شوند می توانند توسّط میگوهای آب شیرین تغذیه شده و آنها به نوبهٔ خود می توانند موادّ غذایی فضانوردان را آماده سازند. جلبکها و باکتریهای دیگر نیز می توانند در چرخهٔ موادّ زاید انسان مؤثّر باشند. چنین سیستم بسته و پایداری قبلاً بر روی موش و دیگر جانوران آزمایش شده است. ولی مشخّص شده تعدادی از جلبکها مقادیری از گاز کشندهٔ منواکسید کربن تولید می کنند، و تا این مشکل حل نشده است چنین تجربیاتی بر روی انسان عملی نخواهد بود.

دسمیدها[1]

دسمیدها (شکل ۱۳-۱۷) که ۲۵۰۰ گونه دارند از یاخته های هلالی، بیضوی، یا ستاره ای، شکل تشکیل شده و اکثراً تک یاخته ای و شناور بوده و به وسیلهٔ کانجوگاسیون تولید مثل می کنند. در تور آبی زیبا (هیدرودیکتیون)[2] (شکل ۱۴-۱۷) تولید مثل جنسی

1- Desmids 2- Hydrodictyon

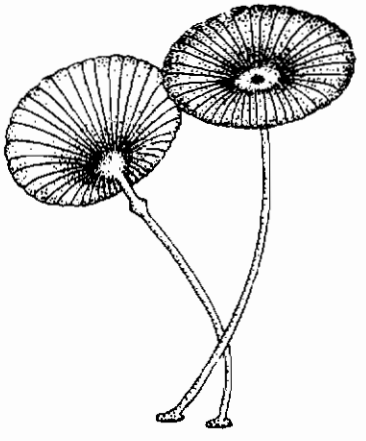
ایزوگامی است و از هر یاخته تا صد هزار گامت تاژکدار تولید می شود. همچنین در جام حوری دریا (استابولاریا)[1] که یک جلبک دریایی است، یاخته های بزرگ آن پیکری شبیه قارچ کاهدار ظریفی را ایجاد می نماید (شکل ۱۵-۱۷). تولید مثل از نوع ایزوگامی است. هر یاخته تا ۵ سانتیمتر طول دارد. این جلبک در آزمایشات کلاسیک و مورفوژنز که نشان دهندهٔ اثر هسته روی شکل سلّول است مورد استفاده قرار می گیرد. اگر کاهک یک جلبک برداشته شده و هستهٔ آن به وسیلهٔ هستهٔ گونهٔ دیگر جایگزین شود، پایهٔ آن کاهک قبلی را ایجاد می کند. ولی اگر کاهک جدید نیز دو مرتبه برداشته شود کاهک بعدی که ایجاد می گردد خصوصیات هر دو گونه را نشان می دهد. اگر کلاهک حدّواسط نیز برای بار سوم جدا شود کاهک بعدی مشابه کلاهک گونه ای است که هستهٔ آن ابتدا جانشین هستهٔ اوّلیه شده است. بدیهی است هستهٔ اصلی و اوّلیه، تولید موادّ سیتوپلاسمی را نموده که شکل کاهک نخست را تنظیم می کند، و هنگامی که اثر سیتوپلاسمی آن از بین برود هستهٔ جدید تأثیرات خود را اعمال می نماید.



شکل ۱۳-۱۷ یك سلّول انفرادی دسمید معمولی، کلوستریوم (شکل از شرکت تأمین موادّ بیولوژیکی کارولینا).

1- Acetabularia

شکل ۱۴-۱۷ بخشی از آب (هیدرودیکتیون) یك جلبك سبز كه یاخته‌های آن شبكه‌ای را به‌شكل لوله ایجاد می‌نمایند.



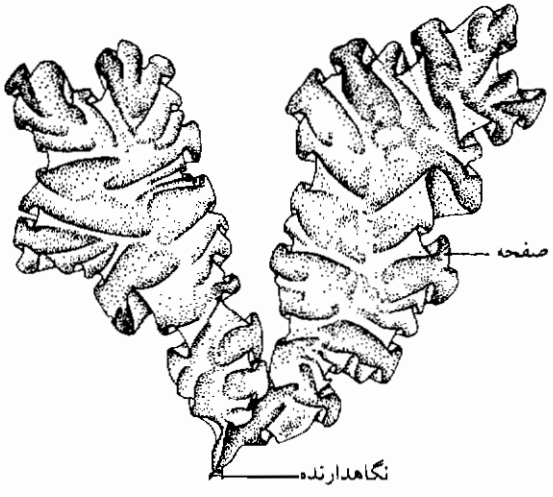
شکل ۱۵-۱۷ جام حوری دریا (استابولاریا).

ولوکس[1] (شکل ۷-۱۷)، نمایندهٔ جلبکهای سبز کلنی است و از یاخته های مجزّایی شبیه کلامیدومونـاس تشکیل شده که به وسیلهٔ ترشّح موادّ ژلاتینی در کنار یکدیگر قرار می گیرند. در بعضی کلنیها یاخته ها در حقیقت به وسیلهٔ رشته های سیتوپلاسمی با هم در ارتباطند.

1- Volvox

تاژکهای هر یاخته بطور مجزّا می زند ولی تمام کلنی را حرکت می دهند. یک کلنی ولوکس ممکن است دارای چند صد تا چند هزار یاخته باشد بطوری که به یک توپ توخالی شباهت پیدا می کند و به حول محور خود چرخیده و حرکت می کند. تولید مثل ممکن است جنسی یا غیرجنسی (کلنیهای جوان کوچک درون کلنی مادر تشکیل می شوند) باشد. کلنیهای جوان هنگامی که کلنی مادر تجزیه شد رها می شوند.

کاهوی دریایی (اولوا)[1] یک گیاه پر یاختهٔ دریایی است و دارای پهنکهای سبز موّاجی است که تا بیش از یک متر طول دارند (شکل ۱۶-۱۷). پهنکها ممکن است هاپلوییدی یا دیپلوییدی باشند. به وسیلهٔ نگاه دارنده، به صخره ها متّصل می شوند. پهنک دیپلوییدی تولید هاگهایی را می کند که ایجاد پهنک هاپلوییدی را می نمایند. این پهنک به نوبهٔ خود ایجاد گامتانژیومها را می کند. گامتهای تولید شده از پهنکهای هاپلوییدی، با یکدیگر ترکیب شده تشکیل تخم را می دهند. پهنک هاپلوییدی و دیپلوییدی کاهوی دریایی بجز در ساختمانهای تولید مثلی از هم قابل تشخیص نیستند.



شکل ۱۶-۱۷ کاهوی دریا (اولوا).

1- Ulva

کلادوفورا[1] یک جلبک سبز ریسه‌ای منشعب است که نمونه‌های آن، هم در آبهای شیرین، و هم در آبهای شور یافت می‌شوند. برخلاف جلبکهای سبز، دیگر یاخته‌های کلادوفورا و خویشاوندان آن، چند هسته‌ای می‌باشند.

گیاهان سنگی آب زی بوده و تقریباً شبیه گیاهان سیلیس دار دم اسب می‌باشند (فصل ۲۰). این گیاهان غالباً جزو جلبکهای سبز محسوب می‌شوند. تولید مثل آنها اووگامی است و بعضی اوقات در شاخهٔ جداگانه‌ای (کاروفیتا)[2] قرار می‌گیرند. آنتریدهای آنها که اسپرمها را تولید می‌کنند پر یاخته‌ای، و همچنین ویژگیهای دیگر تولید مثل رویشی آنها پیچیده‌تر از جلبکهای سبز دیگر است. حتّی بعضی از گیاه شناسان، آنها را جز خزه‌ها محسوب می‌کنند.

شاخهٔ فئوفیتا[3] ـ جلبکهای قهوه‌ای

غالب علفهای دریایی قهوه‌ای رنگ تا سبز زیتونی متعلّق به این شاخه هستند. جلبکهای قهوه‌ای دارای ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ گونه جلبک در اندازه‌های مختلف می‌باشند. بسیاری از آنها درشت و بزرگ می‌باشند لیکن هیچ کدام تک یاخته‌ای یا کلنی نیستند. تنها ۴ جنس از ۲۶۰ جنس شناخته شده در آب شیرین یافت می‌شوند، ولی اکثراً در آبهای اقیانوسهای سرد و نواحی کم عمق تر دیده می‌شوند اگرچه کلپهای عظیم الجثّه (شکل ۱۷-۱۷) ممکن است تا عمق ۳۰ متر و بیشتر نیز دیده می‌شوند. طول بدن یک کلپ خیلی بزرگ تا ۲۷۲ متر اندازه گیری شده است و تصوّر می‌رود این یک رکورد بین موجودات زنده باشد.

پیکرهٔ بسیاری از آنها به نگاه دارنده، پایه، و پهنکهای برگ مانند متمایز شده است (شکل ۱۸-۱۷). نگاه دارنده، ساختمان سخت و محکمی است که به ریشه‌های در هم پیچیده شباهت دارد و باعث اتّصال علفهای دریایی به صخره‌ها می‌شود بطوری که ضربهٔ موجها قادر نیست آن را جدا کند. پایه غالباً توخالی می‌باشد و دارای مریستمی است که در پایین آن قرار دارد و در محلّ اتّصال با پهنک. مریستم بافتهای جدید را از پایین ایجاد می‌کند، لذا بخشهای بالغتر پهنک در بالا قرار می‌گیرند و پهنکها مانند بقیّهٔ پیکرهٔ گیاه فتوسنتزی بوده، گاهی ممکن است دارای حبابهای گازی در انتها بنام بلادر[4]

1- Cladophora
2- Charophyta
3- Phaeophyta
4- Bladder

باشند. تجزیهٔ گاز درون حبابهای بعضی از کلپها، حضور بیش از ۱۰ درصد منواکسیدکربن گاز کُشنده را نشان می دهد همان گازی که از موتورهای سوخت داخلی ایجاد می شود.

(الف)

(ب)

شکل ۱۷-۱۷ کلپها. الف. کلپهای بزرگ شناور در نزدیکی ساحل دریا. ب. نخلهای دریایی (پوستلزیا). شدیدترین امواج بسختی می تواند این جلبکها را از صخره‌ها جدا سازد.

شکل ۱۸-۱۷ بخشهای گوناگون یك جلبك قهوه‌ای (کلپ) نروسیس تیس (Nereocystis)

رنگ جلبکهای قهوه‌ای می تواند از قهوه‌ای متمایل به زرد روشن تا تقریباً سیاه متغیّر باشد، و این درنتیجهٔ حضور مقادیر مختلفی از رنگدانهٔ قهوه‌ای فوکوگزانتین می باشد. علاوه بر آن کلروفیل a و c و چندین رنگدانهٔ دیگر در کلروپلاست حضور دارد. عمده ذخیرهٔ غذایی کربوهیدراتها لامینارین می باشد. آلژین یا اسید آلژینیک (جدول ۲-۱۷ و توضیحات انسان و روابط اکولوژیکی جلبکها) درون یا بر روی دیواره‌های یاخته ها ایجاد می شود و در بعضی از کلپها تا ۴۰ درصد وزن خشک جلبک را تشکیل می دهد. یاخته های

تولید مثلی از لحاظ این که تاژکهای خود را به جای این که در انتها داشته باشند در پهلو دارند غیرعادی می باشند. در جلبکهای قهوه‌ای، تنها یاخته‌های متحرّك، یاخته‌های تولید مثلی می باشند.

در بعضی سواحل کلمبیا و ایالت واشنگتن آمریکا در پایان تابستان ماهیها بر سطوح پهنکهای کلپهای عظیم الجثّه تا ضخامت ۲/۵ سانتیمتر تخم گذاری می نمایند. در گذشته (و تا حدّی هم اکنون) بومیان آمریکای شمالی، پهنکهای پوشیده از تخمها را درو کرده و آنها را در آفتاب خشک کرده و برای غذاهای زمستانه و حتّی ضیافتها مورد استفاده قرار می دادند. حتّی امروزه بعضی از دانش آموزان مدارس مقداری از این موادّ خشک شده و یا کنسرو آن را برای خوردن با خود به مدرسه می برند.

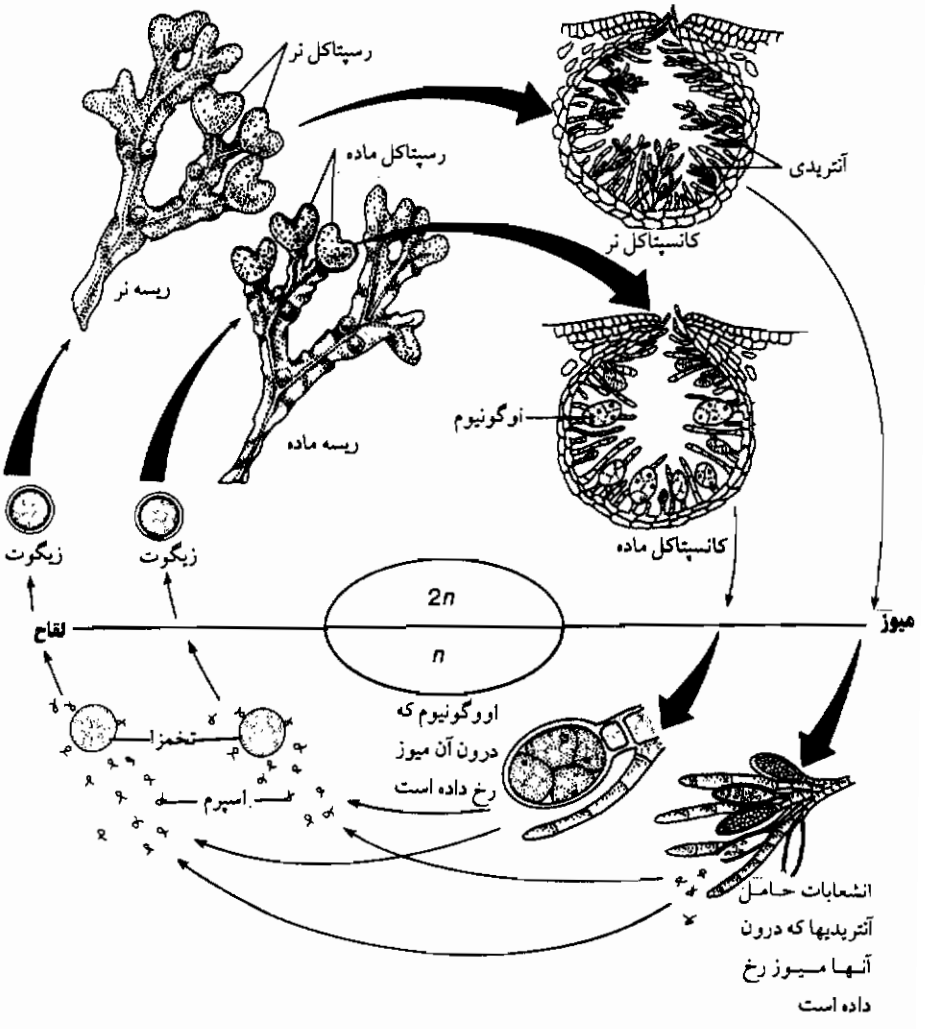
دریای سارگاسوم، نام خود را از علف هرز صخره‌ای بنام سارگاسوم[1] گرفته که به مقادیر زیادی بعد از توفانهای گرمسیری در سواحل خلیج مکزیک می ریزد (شکل ۱۹-۱۷). یک گونه از آن موجود در اقیانوس آرام به وسیلهٔ بومیان هاوایی جهت مرهم زخمهای ناشی از مرجانها مورد استفاده قرار می گیرد. سارگاسوم و جلبکهای قهوه‌ای دیگر با قطعه قطعه شدن، تولید مثل غیرجنسی می کنند ولی برخی تولید آپلانوسپور می نمایند. تولید مثل جنسی، به اَشکال متفاوتی انجام می شود که بستگی به گونه دارد. مراحل دیپلوییدی آن در دورهٔ زندگی اهمّیت دارد.

در علف هرز صخره‌ای متداول بنام فوکوس[2] (شکل ۲۰-۱۷) تالهای مجزّای نر و ماده ایجاد می شود (تال واژه‌ای است برای اندام پهن پر یاخته و فاقد برگ، ساقه، و ریشه). نواحی تولید مثلی تا حدّی متورّم بنام رسپتاکل[3] در رأس انشعابات ریسه تولید می شود. سطح هر رسپتاکل دارای منافذی است (قابل مشاهده با چشم عادی) که به ساختمانهای توخالی کروی مخصوصی بنام کانسپتاکل[4] راه دارند. درون کانسپتاکل گامتانژیوم (یاخته ها و یا ساختمانهایی که درون آنها گامتها تولید می شوند) تولید می گردد. در هر اووگون (گامتانژیوم ماده) در نتیجهٔ یک تقسیم میوز و تقسیم بعدی میتوز ۸ عدد تخم زا تولید می شود. میوز همچنین درون هر آنتریدی (گامتانژیوم نر) رخ می دهد ولی سه تقسیم میتوزی بعدی اتّفاق می افتد بطوری که تعداد ۶۴ اسپرم تولید می گردد. سرانجام تخم زاها و اسپرمها درون آب

1- Sargassum
2- Fucus
3- Receptacle
4- Conceptacle

رها شده و در آن جا لقاح صورت می گیرد و زیگوت به ریسهٔ بالغی رشد می کند تا چرخهٔ زندگی را کامل نماید.

شکل ۱۹-۱۷ سارگاسوم یك جلبك قهوه‌ای شناور که باعث نام دریای سارگاسو شده است. این جلبك در دریاهای دیگر نیز یافت می‌شود (شکل از ابوت Abbott)



شکل ۲۰-۱۷ چرخهٔ زندگی فوکوس یك علف صخره‌ای متداول.

شاخهٔ رودوفیتا[1] ـ جلبکهای قرمز

بیشتر از ۵۰۰۰ گونه جلبکهای قرمز مانند جلبکهای قهوه‌ای جزو علفهای هرز دریا محسوب می شوند (شکل ۲۱-۱۷)، لیکن تمایل دارند در آبهای گرم و در آبهای ژرفتر زندگی

1- Rhodophyta

کنند. بعضی از آنها در مناطق جزر و مد در سطح صخره ها، و گاهی هنگام جزر در کنار ساحل مشاهده می شوند، بقیّه در اعماق بیش از ۲۰۰ متر می رویند جایی که نور بسختی به آن جا می رسد. در سال ۱۹۸۴ گونهٔ جدیدی از جلبکهای قرمز در عمق ۲۶۹ متری کشف شد. تنها ۰/۰۰۰۵ نور سطح به آن جا می رسد. تعدادی از آنها تک یاخته ای، ولی اکثراً ریسه ای هستند. ریسه ها به قدری به هم نزدیکند که مانند صفحه شده و یا به صورت انشعابات ظاهر می شوند. بعضی از آنها ساختمانهای پری زیبایی شبیه کارهای ظریف هنری ایجاد می نمایند. هیچ کدام از آنها ازنظر اندازه شبیه کلپهای بزرگ نیستند و بندرت ارتفاع آنها از یک متر تجاوز می کند.

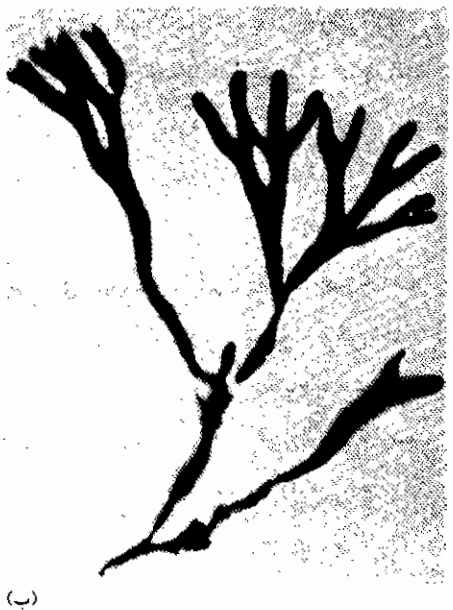
جلبکهای قرمز، چرخهٔ زندگی نسبةً پیچیده ای دارند. غالباً سه گیاه در چرخهٔ زندگی آنها وجود دارد. میوز معمولاً در پیکره های ویژه ای بنام تتراسپورفیت[1] رخ می دهد، در حالی که گامتها در پیکره های مجزّای نر و مادهٔ دیگری تولید می شوند. تمام یاخته های تولید مثلی غیرمتحرّك بوده و به صورت غیرفعّال به وسیلهٔ جریان آب انتقال می یابند. تخمها ممکن است از یک یاخته به یاختهٔ دیگر ازطریق لوله های خاصّی مهاجرت کنند و تشکیل حلقه ها و چنگالهای عجیبی را در بعضی گونه ها بدهند.

در پلی سیفونیا (شکل ۲۲-۱۷) که یک جلبک قرمز پری است و در آبهای دریایی سراسر دنیا ممکن است وجود داشته باشد. سه نوع ریسه (گامتوفیت نر، گامتوفیت ماده، و تتراسپورفیت) که همهٔ آنها با طولی بین ۲ تا ۱۵ سانتیمتر دارای انشعابات و گرههای ظریف بوده و ازنظر مورفولوژی مشابه هم هستند وجود دارند. ساختمان جنسی نر بنام اسپرماتانژیوم[2] تا حدّی شبیه خوشه های ظریف و متراکم انگور بوده و روی انشعابات ظریف ریسه گامتوفیت نر قرار دارد. هر اسپرماتانژیوم گامتهای نر غیرمتحرّك بنام اسپرماتیوم رها می نماید. ساختمان جنسی ماده کارپوگونیوم[3] نامیده می شود روی ریسهٔ گامتوفیت ماده تولید می شود. هر کارپوگونیوم دارای یاخته ای شبیه بطری کوچک میکروسکپی و دارای گردن درازی است بنام تریکوجین[4] در پایین آن هسته ای است که به صورت گامت ماده یا تخم زا عمل می کند. اسپرماتی فاقد تاژکند لذا خود قادر به حرکت نبوده بلکه به وسیلهٔ جریانات آب ممکن است تا فواصل زیادی انتقال یابند. هر اسپرماتی با تریکوجین تماس حاصل نموده دیوارهٔ

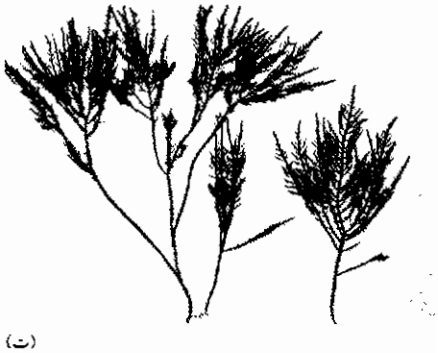
1- Tetrasporophyte
2- Spermatangium
3- Carpogonium
4- Trichogyne

آنها به هم چسبیده هستهٔ اسپرماتی به سوی هستهٔ تخم‌زا مهاجرت نموده با آن ترکیب شده و ایجاد تخم می‌نمایند.

(الف)



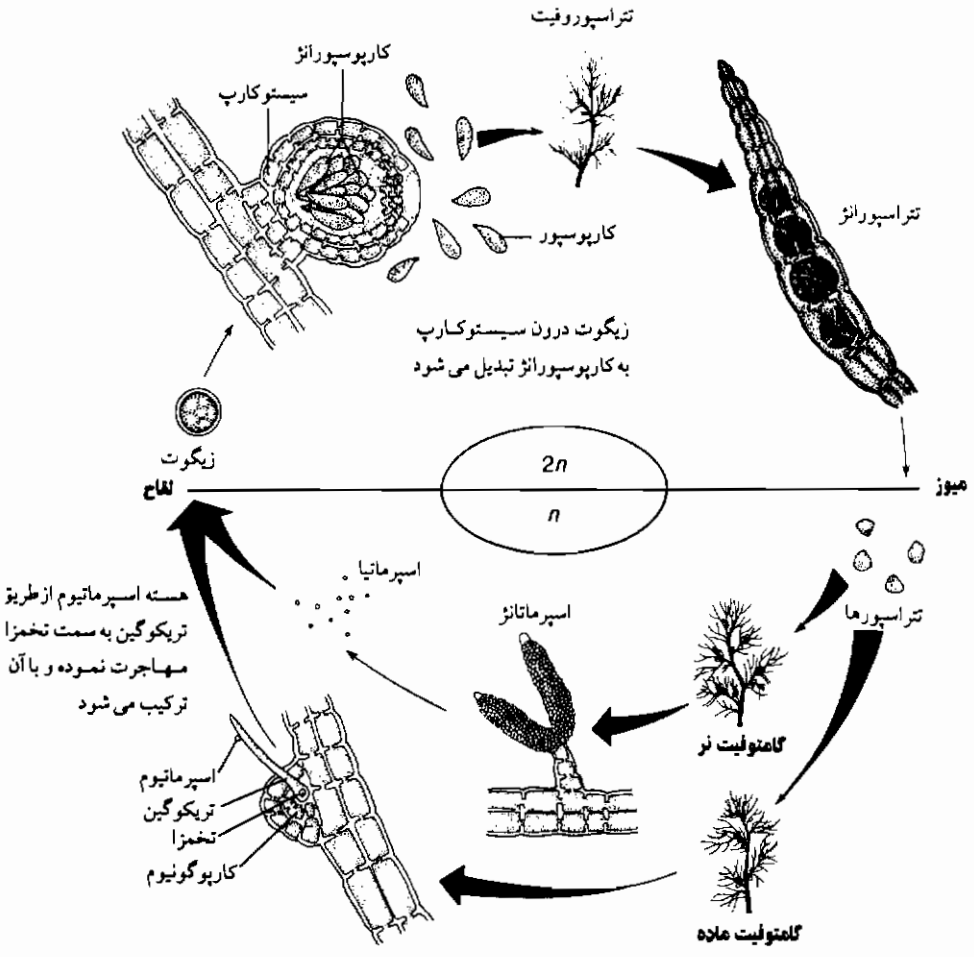
(ب)



(ت)

(پ)

شکل ۲۱-۱۷ نمونه‌های برگزیده‌ای از جلبکهای قرمز. الف ـ بوتریوکلادیا. ب ـ ستنوگرام. پ ـ ژیگارتینا. ت ـ گلیدیوم.



شکل ۲۲-۱۷ چرخهٔ زندگی جلبک قرمز پلی‌سیفونیا

سپس زیگوت به توده‌ای از سلّولهای دیپلوییدی بنام کارپوسپورانژ[1] تبدیل شده که درون اندام کوزه‌ای شکلی بنام سیستوکارپ[2] که از نسل گامتوفیت ماده است قرار می گیرد. هاگهای غیرجنسی دیپلوییدی **کارپوسپور** نامیده می شوند که به وسیلهٔ کارپوسپورانژ ایجاد می شوند. هنگامی که کارپوسپور به محلّ مناسبی بچسبد (شکاف صخره‌ها و تنهٔ کشتیها) جوانه زده و رشد می کند و به تتراسپوروفیت تبدیل می شود. تتراسپورفیت شبیه ریسه‌های گامتوفیت است.

1- Carposporanguim 2- Cystocarp

تتراسپوروفیت ایجاد دستگاه تتراسپورانژ را می کند که درون آن تقسیم میوز انجام گرفته و ۴ تتراسپور هاپلوییدی ایجاد می شود. هنگامی که تتراسپور جوانه زده رشد نماید، به گامتوفیت نر یا ماده تبدیل شده، لذا بدین صورت چرخهٔ زندگی کامل می شود.

رنگهای قرمز تا ارغوانی جلبکهای قرمز به دلیل حضور مقادیر متفاوتی از رنگدانه های فرعی قرمز و آبی است بنام فیکوبیلین که با رنگدانه باکتریهای سبز ـ آبی ارتباط دارند، از این جهت عقیده براین است که جلبکهای قرمز از باکتریهای سبز ـ آبی منشأ گرفته اند. چندین رنگدانهٔ دیگر شامل کلروفیل a و گاهی کلروفیل d نیز درون کلروپلاست وجود دارد. ذخیرهٔ اصلی هیدرات کربن آنها نشاستهٔ فلوریدین[1] نام دارد. تعدادی از جلبکهای قرمز نیز تولید آگار و مواد ژلاتینی مهمّ دیگر می کنند که در بخشهای بعدی مورد بحث قرار خواهد گرفت.

خلاصهٔ مقایسهٔ ذخیرهٔ موادّ غذایی، رنگدانه های اختصاصی و تاژکها در شاخه های جلبکهای یوکاریوت در جدول ۱-۱۷ ارائه گردیده است.

جدول ۱-۱۷ مقایسه‌ای بین شاخه‌های جلبکهای اوکاریوتیکی (واجد هسته‌های حقیقی)

نام شاخه	نوع ذخیرهٔ غذایی	رنگینه های خاص	تاژک
کریسوفیتا شامل ۶۰۰۰ گونه جلبکهای سبز ـ زرد، قهوه‌ای طلایی، دیاتومها و کریپتوفیتا	دانه های روغنی و چربی، و کریسولامینارین	کلروفیل C_1 و C_2	دارای یک یا دو تاژک یا بدون تاژک، تاژکها معمولاً نامساوی و متّصل به نزدیک نوک
پیروفیتا شامل ۳۰۰۰ گونه دینوفلاژلاتها	نشاسته	کلروفیل C_2	غالباً دارای ۲ تاژک؛ یکی آزاد و دیگری کمربندی.
اوگلنوفیتا ۷۵۰ گونه یوگلناها	پارامیلون	کلروفیل b	دارای ۱، ۲، یا ۳ تاژک متّصل به نزدیک نوک.
کلروفیتا شامل ۷۵۰۰ گونه جلبکهای سبز	نشاسته	کلروفیل b	با فاقد تاژک یا دارای ۲ و یا ۴، و یا بیشتر متّصل در نوک
فئوفیتا ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ گونه جلبکهای قهوه‌ای	لامینارین، مانی تول	کلروفیل c	دارای ۲ تاژک جانبی و نامساوی
رودوفیتا شامل بیش از ۵۰۰۰ گونه جلبکهای قرمز	نشاستهٔ فلوریدن ـ مانی تول	کلروفیل d (برخی گونه ها)، فیکوبیلین	بدون تاژک

توضیح: کلّیهٔ شاخه های جلبکهای اوکاریوتیکی (واجد هسته های حقیقی) و دارای کلروفیل a می باشند. همچنین دارای رنگینه های نارنجی به نام کاروتن و اگزانتوفیل هستند. لیکن اگزانتوفیلهای خاص و نسبتهای آنها در شاخه های مختلف تغییر می نماید. رنگینهٔ فوکوگزانتین موجود در جلبکهای قهوه‌ای طلایی و جلبکهای قهوه‌ای، در اصل، اگزانتوفیل می باشد.

1- Floridean starch

انسان و اهمّیت اکولوژیکی جلبکها

خاك دیاتومه ای

قبلاً اشاره شد که تعدادی از باکتریهای سبز ـ آبی در انتهای زنجیرهٔ غذایی آب زیها شرکت دارند ولی همهٔ اعضای جلبکهای پروتیستا نقش مشابهی ایفا می کنند. به عنوان مثال، دیاتومها به وسیلهٔ ماهیهایی که از پلانکتونها تغذیه می کنند مصرف می شوند. روغنهایی که توسّط دیاتومها تولید می شوند به روغن جگر ماهی تبدیل می شود که برای انسان منبع غنی ویتامینها به شمار می آید. آنها ممکن است در تولید رسوبات منابع نفت خام نیز شرکت داشته باشند. دیاتومها همچنین دارای کاربردهای وسیع صنعتی دیگری هستند. در گذشته آنها دست کم به فراوانی امروز بوده اند. به مرور که بیلیونها بیلیون آنها تولید مثل نموده و از بین رفته اند صدفهای شیشه ای میکروسکپی آنها در کف اقیانوسها انباشته شده و تشکیل رسوبات خاك دیاتومه ای را داده است. این رسوبات در بعضی از قسمتهای دنیا به عمق صدها متر انباشته شده و در بعضی مکانها در نتیجه فعّالیتهای زمین شناسی از سطح دریا بالا آمده اند. در لومپک[1] کالیفرنیا بستر خاك دیاتومها تا بیش از ۲۰۰ متر ضخامت دارد در حالی که در مناطق نفت خیز سانتاماریا[2] در کالیفرنیا ضخامت رسوبات تا ۱۰۰۰ متر می رسد.

این موادّ پودری سبک و متخلخل حاوی حدود ۶ بیلیون صدف دیاتوم در هر لیتر می باشد. هر لیتر این مواد حدود ۰/۸ کیلوگرم وزن دارد. این خاك دارای نقطهٔ ذوبی بالای ۱۷۵۰ درجهٔ سانتیگراد بوده و در اکثر اسیدها و مایعات دیگر غیرقابل حل می باشد. این خاصیت، آنها را برای استفاده های صنعتی و خانگی از جمله انواعی از صافی، ایده آل می کند. در صنایع قند، از خاك دیاتومها جهت خالص کردن قند استفاده می شود. در فیلترهای استخرها نیز بطور متداولی مورد استفاده دارد. خاك دیاتوم همچنین در برّاق کردن نقره و فلزّات دیگر، در خمیر دندان، در صنایع رنگهای برّاق قابل استفاده در تابلوها و علائم راهها و همچنین در بعضی از ایالات آمریکا در نمرهٔ اتومبیلها مورد استفاده قرار می گیرد. خاك دیاتوم در کوره های حرارتی و دیگ بخار به عنوان عایق و همچنین در پانلهای ساختمانهای پیش ساخته نیز به کار می رود.

1- Lompoc 2- Santa Maria

تعدادی از جلبکهای سبز گاهی برای مصرف غذایی استفاده می شوند؛ ولی اعضای این شاخه کمتر از شاخه های دیگر به وسیلهٔ انسان استفاده می شوند؛ ولی با تحلیل رفتن منابع غذایی، این مورد می تواند تغییر کند. کاهوی دریایی برای مصرف غذایی، گاهی در مقیاسهای محدودی در کشورهای آسیایی مورد استفاده قرار می گیرد و چندین کشور روی پلانکتنها برای مصرف غذایی انسانها در حال آزمایش می باشند. کلرلا علاوه بر ویتامین C دارای بیشتر ویتامینهای مورد نیاز در تغذیهٔ انسان است و چون این جلبک بسادگی کشت می شود می تواند یک منبع مهمّ پروتئین در بعضی از بخشهای دنیا باشد. همچنین بر روی کلرلا به عنوان منبع اکسیژن در زیردریاییهای اتمی و اکتشافات فضایی، تحقیق می شود.

آلجین یا آلژین

تولیدات تجارتی بستنی، چاشنیهای سالاد، آبجو، بعضی شیرینیها، رنگها، ذرّات معلّق، پنی سیلین، کاغذها، پارچه ها، خمیردندان، سرامیکها و واکس کف پوشها، همهٔ اینها یکی از اجزای سازنده شان آلجین است که از کلپهای عظیم الجثّه و جلبکهای قهوه ای دیگر (جدول ۲-۱۷) تولید می شود. باعث تعجّب خواهد بود اگر دنیا بتواند بدون آن ادامه یابد.

آلجین قادر است آب را در بسیاری از محصولات مختلف تنظیم کند. به عنوان مثال، می تواند تشکیل بلورهای یخ را در غذاهای منجمد کنترل کرده و نفوذ آب به داخل سطوح منفذدار را تنظیم نماید. عموماً تمام ذرّات معلّق نظیر مخلوط شیر و شربت و بستنی یا دیگر مایعات آبدار ازطریق مصرف آلجین پایدار می شوند. آلجین به وسیلهٔ چندین علف دریایی تولید می شود، ولی منبع اصلی آن، کلپهای درشتی هستند که در اقیانوسهای سرد دنیا درنواحی جریانات شدید وجود دارند (شکل ۱۷-۱۷ الف). این علفهای دریایی بزرگ که تا ۹۲ متر طول دارند گاهی به اندازهٔ ۳ تا ۶ دسیمتر در روز رشد می کنند. کشتیهای اقیانوس پیما (شکل ۲۳-۱۷) آنها را از قسمت انتهایی چیده، سپس خرد کرده و به سیستمهایی که برای استخراج و خالص سازی آنها در ساحل قرار دارند، انتقال می دهند.

جدول ۲-۱۷ برخی موارد استفاده از آلژین

مواد غذایی

۱. به عنوان مادّهٔ زمینه ای و سفت کننده در انواع شیرینیها، دسرها، کلوچه ها، فرنیها، موادّ غذایی کنسرو شده، ژله ها، بستنیها، سوپ و موادّ غذایی رژیمهای خاص، نان شیرینها و غیره.

۲. به عنوان مادّهٔ امولسیون و سوسپنسیون کنندهٔ انواع نوشابه های غیرالکلی و کنسنترهٔ آنها، سوسهای سالاد، و انواع سوسهای مورد استفادهٔ کوشت، مرغ بریان، کباب، غذاهای یخ زده و کره.

۳. به عنوان مادّهٔ تثبیت کننده و متعادل کننده در نوشابه های شکلاتی، انواع مخلوطهای یخنی و بستنیها، شربتها، خامه های ترش مخصوص سالاد و امثال، خامه های مورد استفاده در قهوه، انواع نوشابه ها، شیرهای خامه ای، دسرهای مختلفه خاص صنایع شیر و لبنیات، بستنی و شیر مخلوط و آب نباتهای مخصوص (مارش مالو).

کاغذ

در تولید مرکّب و واکس مرغوب و همچنین در تولید پوششهای ضدّچربی سطح کاغذها، ایجاد یکنواختی در پخش مرکّب و رنگ و کاهش وزن در پوشش محصولات تخته و الوار مقوّایی و نگاهداری بهتر روغن و واکس سطح آنها، در ایجاد پوشش مناسبتر برای کارتنهای مخصوص حمل موادّ غذایی یخ زده، و برای پوشش کاغذهای ضدّچربی.

صنایع نساجی

با استفاده از ترکیبات آلژین کیفیّت چسبها بالا رفته و همچنین در پخش یکنواخت رنگها و کاهش زمان بافندگی و خسارت به دوکها کمک می کند.

صنایع دارویی و آرایشی

۱. به عنوان یک مادّهٔ سفت کننده در کنترل وزن محصولات دارویی، شربتهای سینه، مواد و شیافهای طبّی، پمادها، خمیرهای دندان، شامپوها، و سورمه.

۲. به عنوان یک مادّهٔ نرم کننده در لوسیون و کرم صورت و ژله های لطیف کنندهٔ پوست، و به عنوان مادّهٔ پوششی در تولید قرصهای طبّی و در داروهای ضدّانعقاد خون.

۳. به عنوان یک مادّهٔ زمینه ای سوسپنسیون کننده در ویتامینهای مایع، روغنهای معدنی و آنتی بیوتیکها، و به عنوان مادّهٔ ژله ای در ماسکهای زیبایی صورت و ترکیبات قالب گیری دندانها.

استفاده های صنعتی

در ساخت شوینده های اسیدی، فیلمها، پوشش دانه ها، میله های جوش کاری، کاشیهای سرامیکی برّاق، دستگاههای بخار (برای جلوگیری از رسوب فلزّات درون لوله ها)، برّاق نمودن سطح چرمها، ترکیبات مختلف لاستیکی (مانند تایر اتومبیل، کابلهای برق، تشکهای ابری، پوشکهای نوزادان) مورد استفاده قرار می گیرد. همچنین در ساخت تمیزکننده ها، پولیشها، رنگها، چسبها، پُرکننده های پلاستیکی، سیمانهای مخصوص دیوار، مخازن باطریها، حشره کشها، صمغهای تجاری، فیلامنهای تنگستن لامپهای برق، بخیه های قابل جذب در جرّاحیها (تا زمانی که زخمها بهبود یابند آنها نیز ناپدید و جذب می شوند)، در گلهایی که برای حفر چاههای نفت مورد استفاده قرار می گیرند، در صاف و درخشان کردن قند چغندر قند استفاده می شوند و نیز آنها را می توان با یونجه و گندم یا جو برای تولید غذای دام و طیور، مخلوط نمود.

شکل ۲۳-۱۷ یك فروند کشتی با تجهیزات ویژه در حال دروکردن کلپها از ساحل کالیفرنیا می‌باشد. کشتی در بستر کلپها عقب‌عقب حرکت نموده و ماشین‌آلات کلپها را درو کرده و به‌مخزن می‌فرستد. (عکس از شرکت کلکو).

موادّ معدنی و غذایی

جلبکهای قهوه‌ای، همچنین تعداد دیگری از مواد مفید را تولید می‌کنند. بعضی از علفهای دریایی بخصوص کلپها دارای غلظتهایی از ید تا ۲۰ هزار بار بیشتر از آبی که اطراف آنها را احاطه نموده می‌باشند. اگرچه در ایالات متّحدهٔ آمریکا یُد از منابع آسانتری در دسترس قرار می‌گیرد لیکن کلپهای خشک برای درمان گواتر در نتیجهٔ کمبود یُد در سراسر دنیا شایع است مورد استفاده قرار می‌گیرند. کلپها بطور نسبی مقدار زیادی ازت و پتاسیم دارند و سالهاست که به‌عنوان کود مورد استفاده قرار می‌گیرند. آنها همچنین در اروپای شمالی و جاهای دیگر برای تغذیهٔ چهارپایان مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مشرق زمین تعدادی از جلبکهای دریایی برای

استفاده غذایی در سوپها، شیرینیها، خوراکها و به عنوان سبزیجات و در نوشابه ها به کار می روند. در ژاپن اسید استیک به وسیلهٔ تخمیر علفهای دریایی تولید می شود.

طیّ قحطی که در ایرلند در سالهای ۱۸۴۵ و ۱۸۴۶ رخ داد، دولس[1] یک علف دریایی قرمز جانشین مهمّی برای محصولات سیب زمینی شد که در نتیجه بیماری بلیت از بین رفت. دولس همچنین در سواحل اقیانوسهای آرام و اطلس یافت شده و مقادیری از آنها برای مصرف غذایی جمع آوری می شوند. علف هرز دریایی قرمز دیگری بنام لاور ارغوانی[2] (نوری)[3] موجود در آبهای آسیا و آمریکا خصوصاً در خاور دور به فراوانی جهت مصرف غذایی استفاده می شود. در ژاپن این جلبک بر روی چوب خیزران در قسمت کم عمق خلیجهای کوچک دریایی تولید می شوند (شکل ۲۴-۱۷). هنگامی که قطر پهنکهای آنها به چند سانتیمتر رسید آنها را برداشت کرده و در غذاهای گوشتی، ماکارونی، سوپ و چاشنیهای خشک مورد استفاده قرار می دهند. خزهٔ ایرلندی جلبک قرمز غذایی دیگر است. این جلبک همچنین برای از بین بردن یبوست، لوازم آرایشی و موادّ دارویی مفید است. از خزهٔ ایرلندی و شیر همچنین نوعی دسر تهیّه می شود. کاراژینال[4] یک مادّهٔ موسیلاژی است که از خزهٔ ایرلندی استخراج می شود. این جلبک برای سفت کردن شکلات شیری و موادّ لبنی به کار می رود. فونوری[5] که از جلبک قرمز دیگری استخراج می شود برای آهار دادن لباسها و ژل موی سر و ایجاد رنگها استفاده می شود.

شکل ۲۴-۱۷ بسترهای لاور ارغوانی (نوری) واقع در آبهای دریایی کم عمق در سندایی ژاپن که امادهٔ درو می باشند.

1- Dulse
2- Purple laver
3- Nori
4- Carrageenan
5- Funuri

آگار

یکی از مهمترین موادّ جلبکی، آگار است که به فراوانی از جلبکی قرمز بنام گلیدیوم[1] تولید می شود. این مادّهٔ ژلاتینی (همراه با موادّ غذایی اضافه شده) در آزمایشگاهها و مؤسّسات پزشکی سراسر دنیا به عنوان محیط کشت برای رشد باکتریها مورد استفاده قرار می گیرد. زمانی که موادّ غذایی گوناگون به آن افزوده شود می تواند به عنوان محیط رشد یاخته های گیاهی و جانوری مورد استفاده قرار گیرد. در این محیط می توان از یک دانهٔ گرده، یک گیاه کامل به دست آورد. بافتهای ارکیده برای استفاده های تجاری و تسریع رشد، روی آن کشت داده شده و به گیاهان کامل تبدیل می شوند (صفحه ۴). امروزه از آگار در ساخت کپسولهای دارویی و ویتامینها در سراسر دنیا استفاده می شود. همچنین آگار به عنوان عاملی در محصولات نانوایی جهت حفظ رطوبت و به عنوان یک مادّهٔ اصلی در لوازم آرایشی و در دسرهای ژله ای برای سرعت بخشیدن سفتی آنها به کار می رود.

پژوهشهای اخیر روی جلبکهای قرمز و دیگر علفهای دریایی نشان می دهد که آنها اصولاً دارای تعدادی موادّ دارویی باارزش می باشند. بیش از ۲۰ جلبک دریایی برای داروهای دفع کرمهای دستگاه گوارش، کنترل اسهال، و درمان سرطان مورد استفاده قرار می گیرند. نشان داده شده بعضی از آنها، آنتی بیوتیک و حشره کش مؤثّری می باشند. موادّ شیمیایی نزدیک به DDT به وسیلهٔ بعضی از جلبکهای قرمز خاصّی تولید می شود. موجودات آب زی که از چنین جلبکهایی تغذیه می کنند ممکن است چنین ترکیبات نزدیک به DDT را تجزیه نموده و به موادّی ساده تر تبدیل نمایند، ولی چنین واقعه ای در بین موجودات خشکی ناشناخته است.

دیگر اعضای سلسلهٔ پروتیستا

پروتوزوآها (شاخه پروتوزوا) و اسفنجها (شاخه پریفرا) که در سلسلهٔ پروتیستا قرار دارند مرسوم بوده جزو جانوران قرار داشته باشند؛ لذا در این کتاب مورد بحث قرار نخواهد گرفت. بعضی از زیست شناسان کپکهای مخاطی (میکسومیستها) را جزو پروتیستا آورده اند ولی در این کتاب بنابه دلایلی که در فصل ۱۸ خواهد آمد جزو قارچها مطرح می شوند.

1- Gelidium

خلاصه

۱. تمام موجودات زنده کمتر از یک بیلیون سال پیش محدود به اقیانوسها می شدند. در حدود ۴۰۰ میلیون سال پیش جلبکهای سبز شروع به انتقال از آب به خشکی کردند و تا حدّ گیاهان خشکی تکامل یافتند.

۲. سلسلهٔ پروتیستا دارای موجوداتی است که اگرچه همه یاخته های یوکاریوت دارند لیکن اختلافات فاحش دارند. اعضای این سلسله ممکن است تک یاخته، پر یاخته، به شکل کلنی و یا ریسه ای باشند. روشهای تغذیه ای ازطریق فتوسنتز و یا بلعیدن و یا ترکیبی از هر دو، صورت گیرد. بعضی از اعضا غیرمتحرّك می باشند ولی اکثراً متحرّکند و یا حدّاقل مراحلی از زندگی را به وسیلهٔ تاژك و یا حرکات آمیبی شکل حرکت می کنند.

۳. جلبکهای قهوه ای طلایی، به چهار رده شامل جلبکهای سبز ـ زرد، قهوه ای طلایی دیاتومها، و کریپتوفیتها گروه بندی می شوند. بعضی از موجودات متعلّق به این رده ها تولید استاتوسپور می کنند.

۴. دیاتومها که پوشش شیشه ای مانندی دارند دارای دو نیمه اند که روی هم مانند جعبه قرص قرار می گیرند. این موجودات مخصوصاً در آبهای سردتر فراوانترند. پوشش مخطّط آنها، شیارها و منافذ کوچکی دارد که ازطریق آنها سیتوپلاسم با محیط تماس حاصل می کند.

۵. دیاتومها غالباً به رنگ قهوه ای ـ طلایی هستند و این در نتیجهٔ حضور رنگدانه قهوه ای فوکوگزانتین در یک یا چند کلروپلاست موجود در هر یاخته می باشد. دیاتومها مانند کرم (کاترپیلار) حرکت می کنند و این در نتیجهٔ برخورد سیتوپلاسم با سطح یاخته است که ازطریق روزنه ها صورت می گیرد.

۶. تولید مثل غیرجنسی دیاتومها به طریقی است که پروتوپلاسم دو نیمهٔ یاخته بعد از میتوز از هم جدا شده و نیمهٔ جدیدی درون هر بخش جدا شده تشکیل می شود. یک آگزوسپور (تخم) در طیّ تولید مثل جنسی ازطریق ترکیب گامتها ایجاد می شود.

۷. دینوفلاژلاتها موجودات تک یاخته ای با دو تاژك هستند. مشاهده شده که برخی باعث تشکیل موج قرمز می شوند و هنگامی که به مقدار زیاد وجود داشته باشند سمهای فلج کنندهٔ آنها درون آب رها شده و می تواند باعث مرگ ماهیها و حلزونها شود.

در مناطق گرمسیری چنانچه آب متلاطم شود، نورافکنی می نمایند (بیولومینسنس).

۸. یوگلنوئیدها دیواره های یاخته ای محکمی ندارند. دارای یک تاژك فعّال، یک کانال یا گلو بوده و کربوهیدرات ذخیره ای را به صورت پارامیلون دارند. تولید مثل به وسیلهٔ تقسیم یاخته بوده و تولید مثل جنسی تاکنون تأیید نشده است.

۹. جلبکهای سبز با تنوّع زیادی در زیستگاههای آبی وجود دارند. یاخته های آنها رنگدانه ها و ذخیرهٔ غذایی (نشاسته) مشابه گیاهان تکامل یافته دارند. جلبک سبز تک یاختهٔ کلامیدوموناس، یک جفت تاژك دارد که قادرند آن را بسرعت حرکت دهند. درون یاخته یک کلروپلاست محتوی یک یا دو پیرنوئید، دو یا بیشتر واکوئل و غالباً یک لکّهٔ چشمی قرمز رنگ دارند. تولید مثل غیرجنسی به صورت میتوز بوده، و تولید مثل جنسی به وسیلهٔ ترکیب گامتهای مشابه صورت می گیرد (ایزوگامی).

۱۰. یولوتریکس یک جلبک سبز ریسه ای است که به وسیلهٔ پایه ای بنام نگاه دارنده به اجسام مختلف متّصل می شود. هریک از یاخته ها دارای یک کلروپلاست حلقه ای است. تولید مثل غیرجنسی توسّط زوسپور، و تولید مثل جنسی ایزوگامی است.

۱۱. اسپیروژیر، یک جلبک سبز ریسه ای شناور است که دارای یک کلروپلاست مارپیچی نواری شکل است. اسپیروژیر تولید هیچ گونه یاختهٔ تاژکداری را نمی کند. تولید مثل غیرجنسی ازطریق قطعه قطعه شدن است (هر قطعه به وسیلهٔ میتوز، یاخته های جدید را می سازد). تولید مثل جنسی به طریقهٔ کانجوگاسیون می باشد.

۱۲. ایدوگونیوم، یک جلبک سبز ریسه ای است که روی گیاهان و جلبکهای دیگر به صورت اپی فیت (حالت غیرانگلی) قرار می گیرند. ایدوگونیوم دارای کلروپلاست شبکه ای استوانه ای است. در تولید مثل غیرجنسی زوسپور تولید می کند. در تولید مثل جنسی یاخته های کوتاه ریسه به عنوان آنتریدی در تولید اسپرم عمل می نمایند. یاخته های متورّم درشت به عنوان اووگونیوم عمل کرده هرکدام یک تخم زا تولید می کنند. یک اسپرم از منفذ اووگونیوم وارد آن شده تخم زا را باروَر می کند. این نوع ترکیب گامت متحرّك کوچک و گامت غیرمتحرّك درشت اووگامی نامیده می شود.

۱۳. از جلبکهای سبز دیگر می توان کلرلا را نام برد که یک جلبک تک یاخته ای است، بسادگی قابل کشت می باشد و برای استفاده در فضاپیماها روی آن آزمایش می شود. دسمیدها جلبکهای تک یاختهٔ شناور و آزاد هستند که به وسیلهٔ کانجوگاسیون تولید مثل می کنند.

جام حوری دریا (استابولاریا) یاخته های درشتی به شکل قارچ کلاه دار تولید می کنند. ولوکس یک جلبک کلنی است که توپ توخالی متحرّکی از صدها تا هزاران یاخته را تشکیل می دهد. کاهوی دریایی (اولوا) پهنکی دارد که به وسیلهٔ نگاه دارنده به صخره ها متّصل می شود. کلادوفورا، یاخته های چند هسته ای دارد.

۱۴. گیاهان سنگی گاهی جزو جلبکهای سبز قرار می گیرند و گاهی نیز در شاخهٔ مجزّایی به علّت وجود آنتریدیهای پر یاخته و صفات بسیار پیچیدهٔ دیگر نسبت به جلبکهای سبز.

۱۵. جلبکهای قهوه ای شامل بزرگترین گیاهان دریایی می شوند. بسیاری از آنها به بخشهای پایه، پهنک وسیعی که ممکن است در انتها کیسه های هوایی داشته باشد و نگاه دارندهٔ سفت و محکم که آنها را به صخره ها متّصل می نماید متمایز می گردند.

۱۶. فوکگزانتین بطور مشخّصی مسؤول رنگ جلبکهای قهوه ای است و ذخیرهٔ غذایی کربوهیدرات اصلی آنها لامینارین است. بعضی تولید آلژین (آلژینیک اسید) می کنند که یک مادّهٔ ژلاتینی مفید می باشد. یاخته های زایشی تاژکهای جانبی دارند. در علف هرز صخره ای معمول فوکوس، تخم زاها (از اووگونیومها) و اسپرمها (از آنتریدیها) به درون آب رها شده و در آن جا لقاح صورت می گیرد و تخمها ریسه های بالغ را ایجاد می کنند.

۱۷. جلبکهای قرمز که اعضای آن، از جلبکهای قهوه ای کمترند چرخهٔ زندگی نسبةً پیچیده ای دارند. آنها دارای سه نوع تال با گامتهای غیرمتحرّك هستند. در پلی سیفونیا و نمونه های دیگر، سه تال آن عبارتند از: تتراسپوروفیت، گامتوفیت نر، گامتوفیت ماده.

۱۸. بخشی از رنگ جلبکهای قرمز مربوط به حضور فیکوبیلینهای قرمز و آبی است که به رنگدانه های باکتریهای سبز ـ آبی شباهت دارند. کلروفیل d ممکن است در کلروپلاست حضور داشته باشد. ذخیرهٔ غذایی اصلی هیدرات کربن به صورت نشاستهٔ فلوریدین می باشد. بعضی جلبکهای قرمز تولید آگار می کنند که یک مادّهٔ ژلاتینی مهمّ اقتصادی است.

۱۹. جلبکها در زنجیرهٔ غذایی موجودات آب زی و مکانهای دیگر، استفاده های فراوانی دارند. صدفهای دیاتومها برای هزاران سال در کف اقیانوسها خاك دیاتومی را تشکیل داده است که برای صاف کردن، جلا دادن، جداسازی و ساخت رنگهای براّق استفاده می شود. کلرلا یک منبع بالقوّهٔ غذایی و اکسیژن بسیار مهم می باشد. آلجین به عنوان پایدارکننده و عامل سفت کننده صدها محصول غذایی، رنگها، داروها، کاغذها، سرامیکها، موادّ آرایشی، آبجوها و غیره استفاده می شود.

۲۰. جلبکهای قهوه ای، منبع کود و ید هستند و بعضی برای تغذیهٔ انسان و چهارپایان به کار می روند. جلبکهای قرمز، منبع آگار هستند که به عنوان محیط کشت برای باکتریها و دیگر موجودات زنده و یا بافتها به کار می رود. بعضی همچنین برای تغذیهٔ انسان استفاده می شوند. موادّ تولید شده به وسیلهٔ جلبکهای قرمز (مثلاً کاراژینان و فونوری) به عنوان عامل سفت کننده، آهاردهندهٔ پارچه ها، و چسبها به کار می روند. بعضی از جلبکهای قرمز ارزش دارویی بالقوّه ای دارند.

پرسشهای یادآوری

۱. چگونه یاخته های دیاتومها با یاخته های دیگر موجودات تفاوت دارند؟
۲. چه شکلی از تولید مثل جنسی و غیرجنسی در جلبکهای سبز صورت می گیرد؟
۳. چه گروهی از جلبکها تولید محصولات مهمّ زیر را می کنند: ؟
(۱) آگار، (۲) آلجین، (۳) سموم اعصاب، (۴) سایده برای جلا دادن.
۴. چطور می توان کلامیدوموناس را از اوگلنا تشخیص داد؟
۵. اسپیروژیر، یولوتریکس، ایدوگونیوم، همگی ریسه تشکیل می دهند، چگونه می توان آنها را از هم متمایز نمود؟
۶. در جلبکهای سبز مورد مطالعه در کدام قسمت از چرخهٔ زندگی عدد کروموزومی از n به 2n یا برعکس تغییر می کند؟
۷. از کجا و چگونه آلجین به دست می آید؟
۸. آیا هیچ تفاوت ساختمانی بین نگاه دارندهٔ جلبکهای سبز میکروسکپی و جلبکهای قهوه ای وجود دارد؟
۹. چرا بعضی از جلبکهای سبز، قرمز هستند؛ و بعضی از جلبکهای قرمز، سبز؟
۱۰. کدام شاخهٔ جلبکی، تنها نمونه های تک یاخته ای دارد؟

پرسشهای تشریحی

۱. بعضی جلبکها به اجسام جامد یا دیگر موجودات زنده متّصل می شوند در حالی که بعضی دیگر به صورت آزاد شناورند هر نوع رشد چه مزایا و چه مضرّاتی دارد؟

۲. تنوّع و اندازهٔ جلبکهای موجود در اقیانوسها از جلبکهای آب شیرین بطور قابل ملاحظه ای بیشتر است آیا می توانید دلایلی را برای آن پیشنهاد دهید؟

۳. گیاهان دریایی که در مناطق جزر و مدّ هستند ممکن است در معرض خشکی قرار گیرند ژلاتینیتر از نمونه های مشابه غوطه ورند، شرح دهید.

۴. چرا بعضی جلبکها تنها در یک طرف درخت رشد می کنند و در همهٔ اطراف تنه دیده نمی شوند؟

۵. آیا کیسه های هوایی موجود در بعضی کلپها نسبت به جلبکهای دیگر که چنین ساختمانی را ندارند برای این جلبکها مزایایی دارد؟

منابع اضافی

Abbott, I. A., and E. Y. Dawson. 1978. *How to know the seaweeds,* 2d ed. Pictured Key Nature Series. Dubuque, IA: Wm. C. Brown Company Publishers.

Abbott, I. A., and G. J. Hollenberg. 1976. *Marine algae of California.* Stanford: Stanford University Press.

Abbott, I. A. 1984. *Limu: an ethnobotanical study of some edible Hawaiian seaweeds,* 3d ed. Lawai, HI: Pacific Tropical Botanical Garden.

Becker, E. W., ed. 1985. *Production and use of microalgae.* Forestburgh, NY: Lubrecht and Cramer.

Bold, H. C., and M. J. Wynne. 1985. *Introduction to the algae,* 2d ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Buetow, D. E., ed. 1968–1989. *The biology of Euglena: General biology and ultrastructure.* 4 vols. San Diego, CA: Academic Press, Inc.

Chapman, V. J., and D. J. Chapman. 1980. *Seaweeds and their uses,* 3d ed. London: Chapman & Hall.

Fritsch, F. E. 1935, 1945. *Structure and reproduction of the algae.* 2 vols. New York: Cambridge University Press.

Gibor, A. 1966. "*Acetabularia*: a useful giant cell." *Scientific American* 215: 118–24.

Irvine, D., and D. M. John, eds. 1985. *Systematics of the green algae*. San Diego, CA: Academic Press, Inc.

Lee, R. E. 1989. *Phycology*, 2d ed. New York: Cambridge University Press.

Palmer, C. M. 1962. *Algae in water supplies*. U.S. Department of Health, Education and Welfare. Public Health Service. Washington, DC: Superintendent of Government Documents.

Prescott, G. W. 1978. *How to know the freshwater algae*, 3d ed. Pictured Key Nature Series. Dubuque, IA: Wm. C. Brown Publishers.

Round, F. E. 1984. *The ecology of algae*. New York: Cambridge University Press.

Scagel, R. F., et al. 1984. *Plants: an evolutionary survey*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Co.

Smith, G. M. 1950. *Freshwater algae of the United States*, 2d ed. New York: McGraw-Hill Book Co.

Sze, P. 1986. *A biology of the algae*. Dubuque, IA: Wm. C. Brown Publishers.

Turner, N. J. 1974. *Food plants of British Columbia Indians. Part 1: Coastal peoples*. Victoria: British Columbia Provincial Museum.

فصل هجدهم ـ سلسلهٔ قارچها و گلسنگها

رؤوس مطالب

برخی اهداف فراگیری
نظر اجمالی
مقدّمه
ویژگیهای سلسلهٔ قارچها
زیرسلسلهٔ میکسومیکوتینا ـ کپکهای مخاطی
انسان و روابط اکولوژیکی کپکهای مخاطی
زیرسلسلهٔ کیتریدیومیکوتینا ـ کیتریدها
زیرسلسلهٔ ماستیگومیکوتینا ـ کپکهای آب زی
انسان و روابط اکولوژیکی کپکهای آب زی
زیرسلسلهٔ یومیکوتینا ـ قارچهای حقیقی
شاخهٔ زیگومیکوتینا ـ قارچهای حقیقی سنوسیت
انسان و روابط اکولوژیکی قارچهای سنوسیت
شاخهٔ یومیکوتا
ردهٔ آسکومیستها ـ قارچهای کیسه دار
انسان و روابط اکولوژیکی قارچهای کیسه دار
ردهٔ بازیدیومیستها ـ قارچهای چوگانی
انسان و روابط اکولوژیکی قارچهای چوگانی
ردهٔ دوترمیستها ـ قارچهای ناقص
انسان و روابط اکولوژیکی قارچهای ناقص
گلسنگها
انسان و روابط اکولوژیکی گلسنگها
خلاصه
پرسشهای یادآوری
پرسشهای تشریحی
منابع اضافی

یک قارچ طاقچه‌ای (Fomes sp.).

فصل پنجم

سلسلهٔ قارچها و گلسنگها

برخی اهداف فراگیری

۱- شناخت ویژگیهای عمومی که سلسلهٔ قارچها را از سلسله‌های دیگر مشخّص می نماید.

۲- تشخیص زیر سلسله های قارچها از یکدیگر، براساس سلّولها، ریسه ها و تولید مثل.

۳- شناخت پلاسمودیوم، میکسامیب، اسپورانژ، کونیدی، حالت سنوسیتی، میسلیوم، حالت دیکاریوتیکی، زیگوسپور، آسک و بازیدیوم.

۴- اختصاص دادن هریک از این موارد به زیر ردهٔ خودش در قارچهای حقیقی؛ اتلت فوت، بیماری دچ الم، پیلوبولوس، کپک پنی سیلیوم، شاخ متعفّن. مخمّر، ارگوت. قارچ بوته میری شاه‌بلوط، توپ پفی، و سیاهکها.

۵- آشنایی با ۵ قارچ مهمّ اقتصادی در هریک از ۴ ردهٔ قارچهای حقیقی.

۶- فراگیری نحوهٔ رده بندی و شناسایی گلسنگها.

۷- یادگیری ساختمان اساسی گلسنگها.

نظر اجمالی

بعد از مقدّمه ای کوتاه، در این فصل خلاصه ای از ویژگیهای سلسلهٔ قارچها و یادآوری روش تشخیص سلسله ادامه می یابد. سلسله ای که در این جا مطرح می شود از ۴ زیرسلسلهٔ

مستقل تشکیل شده است که به نظر نمی رسد اعضای آن، از دیگر سلسله ها مشتق شده باشد. یک زیرسلسله شامل کپکهای مخاطی، دیگری کیتریدها، بعدی کپکهای آب زی، و چهارمی قارچهای حقیقی را دربر می گیرند. اعضای منتخب هر زیرسلسله و شاخه توضیح داده می شود و دورهٔ زندگی نمونه به همراه شرحی از اهمّیت اقتصادی آن ارائه می شود. در بین عناوین و قارچهای تشریح شده، کپکهای مخاطی، قارچهای شکاری نماتود، پیلوبولوس، قارچ دنبلان، مورل، ارگوت، مخمّرها، شاخ متعفّن، توپ پفی، قارچهای طاقچه ای، قارچهای آشیانه پرنده، سیاهکها، زنگها، قارچهای خلسه آور و سمّی، قارچهای خوراکی سیاه جنگلی، کشت قارچ، آنتی بیوتیکها، محصولات صنعتی حاصل از قارچها، و قارچها، در طبیعت قرار دارد. در پایان شرح و توصیفی از شکلهای متفاوت گلسنگها ارائه می گردد. رنگهای طبیعی نیز در پاورقی می آید و اهمّیت اقتصادی گلسنگها مرور می شود.

مقدّمه

هنگامی که موضوع تجزیه انواع متفاوت موادّ آلی و آماده سازی آنها برای چرخهٔ مجدّد در طبیعت پیش می آید، مهمترین موجودات شناخته شده در این مورد، قارچها و باکتریها هستند. نشت شدید نفت که در آلاسکا در سال ۱۹۸۹ به وقوع پیوست، تلاشهایی برای پیدا کردن راههای پاك سازی که خیلی مؤثّرتر و سریعتر از روشهای گذشتهٔ معمول بوده صورت گرفت. گرچه باکتریهایی وجود دارند که ملکولهای نفت را تجزیه می کنند (فصل ۱۶)، لیکن تعداد بسیار کمی از این موجودات قادر به زیست در آب شور اقیانوسها برای مدّت طولانی هستند. اخیراً پال کرك[1] دانشگاه دومینیون قدیم متوجّه یک قارچ شد که انواع متعدّدی از نفتها را به ملکولهای ساده تر بی ضرری مانند دی اکسید کربن تجزیه می کند. این قارچ کرولوسپورا ماری تیما (*Corollospora maritima*) شناسایی شده و بطور طبیعی در تمامی سواحل دنیا وجود دارد و روی امواج اقیانوس رشد می کند. تلاشهایی جهت توسعه روش کشت این قارچ به صورت ارزان و با مقادیر زیاد و همچنین جهت یافتن روشهایی که تولید آنزیم تجزیه کنندهٔ نفت را به میزان زیادی تولید کند در حال انجام است. این فصل، طبیعت، تولید مثل، و اختصاصات دیگر

1- Paul Kirk

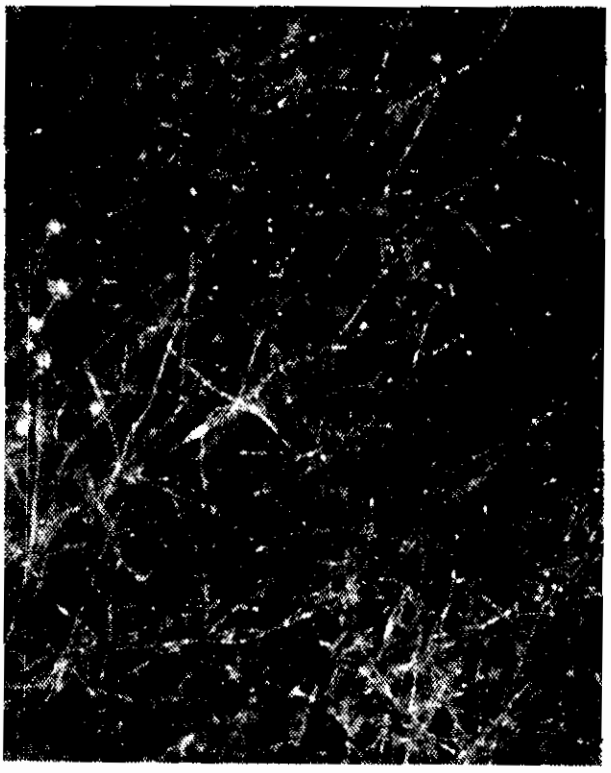
این قارچها و هزاران قارچ شناخته شدهٔ دیگر را که در سراسر کره خاکی پراکنده اند، بررسی می کند.

برای بسیاری از اشخاص، کلمه قارچ معنی قارچهای چتری یا بعضی از انواع قارچهای خزنده که رشد حیرت آوری دارند را به خاطر می آورد. در حالی که قارچهای چتری براستی قارچ بوده و تعدادی دارای ظاهر خزنده هستند. قارچها اَشکال بسیار متعددی را دارا می باشند. حدود صد هزار گونه قارچ چتری، زنگ، سیاهک، سفیدك، کپک، شاخ متعفّن، توپ پفی، دنبلان و موجودات دیگر که در سلسلهٔ قارچها محسوب می شوند وجود دارند و هرسال بیش از هزار گونهٔ جدید شناخته می شود و احتمالاً تا ۲۰۰ هزار گونه در انتظارند تا شرح داده شوند یا کشف شوند.

هنگامی که قارچها رشد می کنند، بیشتر آنها تولید یک تودهٔ در هم بافته ای از رشته ها را می کنند که آزادانه منشعب شده و همچنین به هم می پیوندند. رشته های لوله ای مجزّا هیفی[1] نامیده می شوند (مفرد هیفا[2]) (شکل ۱-۱۸). هیفی احتمال دارد به سلّولهای استوانه ای تقسیم بندی شود. تودهٔ هیفی مجموعاً میسلیوم نام دارد. قارچها در صورتی که منابع غذایی کافی در دسترس داشته باشند خیلی سریع رشد می کنند بطوری که اگر تمام هیفی تولید شده در یک روز در انتهای هم قرار گیرند طول آنها بیش از یک کیلومتر می شود. بعضی قارچها اگر دما از ۵°C- پایینتر نرود، در فریزر رشد می کنند، در حالی که قارچهای دیگر در شرایط دمای ۵۵°C یا بیشتر آزادانه تولید مثل می کنند.

بطوری که در بالا اشاره شد، قارچها در کنار باکتریها برای به چرخش در آوردن موادّ آلی غیرزنده در طبیعت اهمّیت حیاتی دارند. ولی آنها همچنین عوامل ایجاد مشکلات اقتصادی عظیمی در ضایعات موادّ غذایی و بیماریها (بخش انسان و روابط اکولوژیکی قارچها در ادامهٔ فصل) می باشند. دانشمندانی که قارچها را مطالعه می کنند میکولوژیست، و مصرف کنندگان قارچ را میکوفاژیست می نامند (از واژهٔ یونانی myketos ، به معنی قارچ).

1- Hyphae 2- Hypha



شکل ۱-۱۸ هیفهای معمولی یك قارچ بطوری که زیر میکروسکپ تشریح دیده می‌شود.

ویژگیهای سلسلهٔ قارچها

در گذشته قارچهای حقیقی، کپکهای مخاطی و باکتریها تماماً در یک شاخه از سلسلهٔ گیاهی قرار داده می شد. ولی زمانی که تفاوتهای اساسی بین سلّولهای پروکاریوت و یوکاریوت شناخته گردید، باکتریها در سلسلهٔ مونرای پروکاریوتی قرار داده شد. بعد مشخّص شد که متابولیسم، تولید مثل، و خطّ سیر تنوّع قارچها، با سلسلهٔ گیاهی متفاوت است، بطوری که قارچها براساس شواهدی، مستقلاً از اجداد موجودات تک سلّولی تکامل یافته اند. از این رو قارچها در سلسلهٔ خودشان قرار داده شدند.

کپکهای مخاطی ازنظر فقدان دیوارهٔ سلّولی، حرکت آمیبی پلاسمودیوم و میکسامیب

آنها (توضیح در قسمت کپکهای مخاطی)، و نحوهٔ تغذیه (گوارش ذرّات غذایی) به نظر می رسد که با پرونیستای تک سلّولی بنام پروتوزوا در ارتباطند. تمام قارچهای حقیقی تک سلّولی و رشته ای، یا ساپروفیت هستند (از موادّ آلی مرده تغذیه می کنند)، یا تجزیه کنندگان پارازیتی هستند که مواد غذایی خود را به صورت محلول ازطریق دیواره جذب می نمایند. تا حدّی به علّت این تفاوتها کپکهای مخاطی به وسیلهٔ چندین زیست شناس بزرگ معاصر در سلسلهٔ ناهمگن پروتیستا قرار داده شده اند. اگرچه کپکهای مخاطی آشکارا ارتباط نزدیکی با قارچهای دیگر ندارند ولی اشتقاق و ارتباط آنها با سلسلهٔ پروتیستا واضح نیست. در این جا آنها در مقایسه با پروتیستا و گیاهان، به علّت تولید هاگ و هاگدان شباهت زیادی به قارچها دارند؛ لذا در زیرسلسلهٔ قارچها قرار داده می شوند. آنها همچنین در ذخیرهٔ موادّ غذایی (گلیکوژن)، با قارچهای دیگر (و ضمناً با جانوران) مشترك هستند. با توجّه به این که تعدادی از پروتیستا نیز موادّ غذایی را به صورت محلول جذب می کنند، تمیز دادن سلسلهٔ پروتیستا و قارچها از یکدیگر تنها براساس تغذیهٔ آنها مشکل است. در این فصل قارچها در چهار زیرسلسله با توجّه به چهار گروه مشخّص و مستقل مطرح می شوند؛ کپکهای مخاطی، کیتریدها، کپکهای آب زی، و قارچهای حقیقی.

کپکهای مخاطی در حالت فعّال خود دیوارهٔ سلّولی ندارند و دارای تودهٔ پروتوپلاسمی پر هسته ای هستند بنام پلاسمودیوم. پلاسمودیوم بر روی برگها جاری شده و یا می خزد ولی هنگامی که تغییرات محیطی رخ دهد به اسپورانژهای ساکن محتوی اسپورهای کروی تبدیل می شود.

کیتریدها موجودات تک سلّولی کوچکی هستند که تولید سلّولهای متحرّکی را می کنند که به قسمت عقب هرکدام یک تاژك متّصل است. به نظر می رسد کیتریدها با کپکهای مخاطی ارتباط خویشاوندی ندارد و منشأ آنها ناشناخته است.

کپکهای آب زی چندین خصوصیت مشترك با جلبکهای قهوه ای دارند که به نظر می رسد از آنها مشتق شده اند. صفات مشترك کپکهای آب زی با جلبکهای قهوه ای شامل تخم زا (اووگامی)، وجود سلّولز در دیوارهٔ سلّولی، یک دورهٔ زندگی دیپلوییدی بارز، و زوسپورهای دو تاژکی می باشند. شکل آنها از سلّولهای کروی مجزّا تا هیفهای رشته ای و منشعب چند هسته ای تغییر می کند. سلّولهای متحرّك دو تاژکی در مراحل گوناگونی از دورهٔ زندگیشان تولید می شوند.

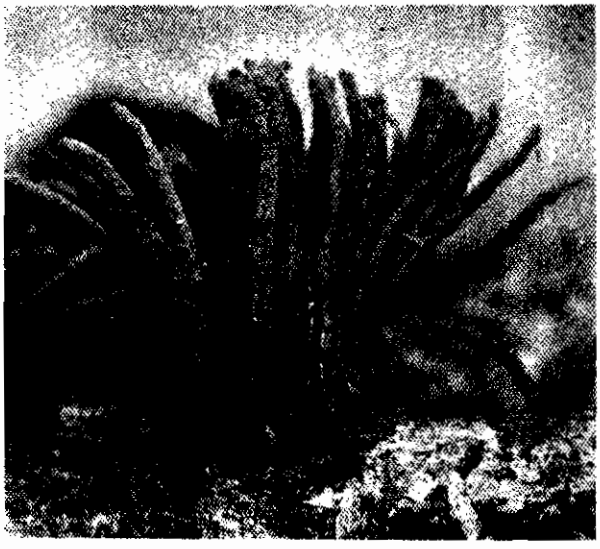
قارچهای حقیقی ریسه‌ای هستند وسلّولهای متحرّك ندارند. تمام قارچهای حقیقی تولید هیفی می‌نمایند که از رأس رشد می‌کند. ساختمانهایی نظیر قارچهای چتری از هیفهایی ساخته شده‌اند که به صورت در هم بافته و متراکم شده‌اند. تمام قارچها بجز کپکهای آب‌زی واجد دیوارهٔ سلّولی هستند که عمدةً از کی تین مادّه‌ای که در پوست بندپایان نیز یافت می‌شود (مثل حشرات و خرچنگها) ساخته شده است. قارچها ازنظر تولید مثل جنسی بسیار متنوّع هستند. موادّ غذایی که اکثر قارچها آنها را ازطریق دیوارهٔ سلّولی جذب می‌کنند غالباً به وسیلهٔ آنزیمهایی که به وسیلهٔ سلّول به خارج ترشّح گردیده تجزیه می‌شوند. به علّت تنوّع زیاد در شکل و تولید مثل اعضای سلسلهٔ قارچها، تقسیم بندی منظّمی از اعضای این سلسله به گروههای مشخّص مشکل می‌باشد، لیکن گروههای بزرگتر را می‌توان مشخّص کرد.

زیرسلسلهٔ میکسومیکوتینا (Myxomycotineae) ـ کپکهای مخاطی

در نمایشگاه جهانی شیکاگو در سال ۱۹۳۳ در غرفهٔ «می‌خواهید باور کنید می‌خواهید باور نکنید» نمایشی از کرکهایی که بر روی چوب رشد می‌کنند به تماشا گذاشته شده بود. این کرکها که شبیه موهای کوتاه انسان بودند در حقیقت ساختمانهای تولید مثل گونه‌ای از کپکهای مخاطی (شکل ۲-۱۸) بودند. این موجودات عجیب بطور کلّی فاقد کلروفیل هستند، بنابراین قادر نیستند موادّ غذایی خودشان را تولید کنند. همان طور که در مقدّمه اشاره شد آنها به علّت این که بیشتر مدّت زندگی بطور مشخّصی جانور مانند هستند ولی هنگام تولید مثل جنسی دقیقاً مشابه قارچها می‌شوند، برای زیست شناسان یک معمّا بوده‌اند.

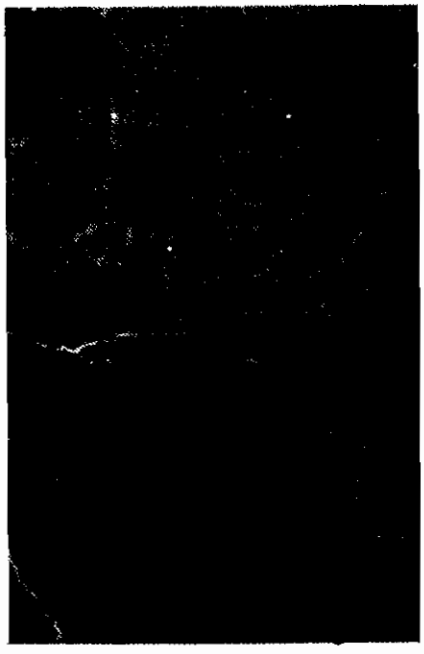
هاگهای کُروی کوچک بیش از ۵۰۰ گونه از کپکهای مخاطی بطور متوسّط قطر ۱۰ تا ۲۰ میکرن را دارا هستند، بنابراین با چشم عادی قابل دیدن نیستند. با این وجود آنها تقریباً در همه جا بویژه در گرد و غبار هوا وجود دارند. اگر شخصی تقریباً هر برگ مرده یا قطعه‌ای از پوست درخت را روی یک منبع غذایی مثل مقدار کمی برشتوك ذرّت و در یک ظرف سرپوشیده قرار دهد و چند قطره آب به آن اضافه کند احتمال این که هاگ یک کپک مخاطی وجود داشته باشد و رویش حاصل کند زیاد است. گاهی آنها در مدّت ۱۵ دقیقه رویش می‌کنند ولی بطور معمول رویش آنها تا چند ساعت یا بیشتر طول می‌کشد. در مدّت چند روز تودهٔ درخشندهٔ فعّال کپک مخاطی تا حدّی شبیه رگ بندی مشبک یک برگ ظاهر می‌شود. این توده که رگهایش تمایل دارند در حواشی به هم متّصل شوند شبیه بادبزن پلاسمودیوم (شکل ۳-۱۸) کپک

مخاطی است. معاینهٔ پلاسمودیوم با عدسی دستی یا میکروسکپ تشریح هیچ دیوارهٔ سلّولی را نشان نمی دهد. پروتوپلاسم خصوصاً مجاور رگها به سَمت مرکز بطور یکنواخت و با حرکت ریتمیک روان است. در فواصل زمانی حرکت پروتوپلاسم متوقّف می شود و جریان پروتوپلاسمی بعد از هر توقّف ممکن است معکوس شود.



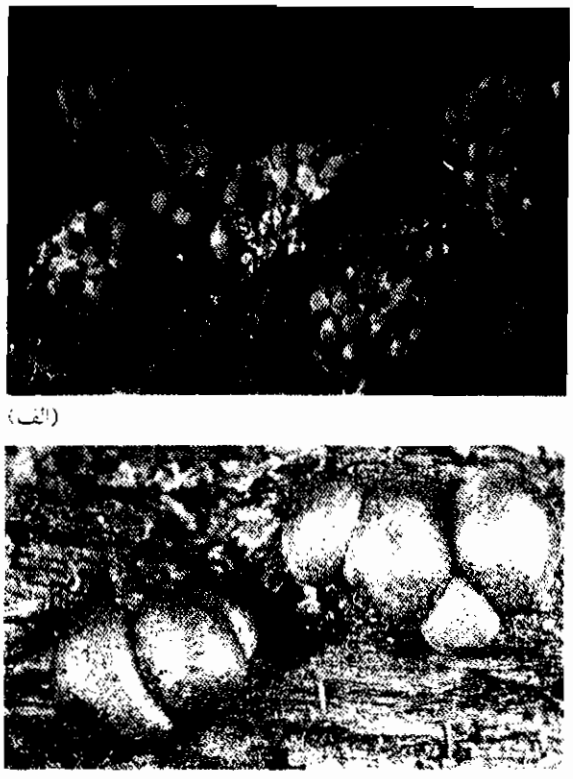
شکل ۲-۱۸اعضای تولیدمثل (هاگدانها) در کپك مخاطی استمونیتس (Stemonitis).

پلاسمودیومها غالباً سفید هستند و همچنین احتمال دارد رنگهای روشنی با زمینهٔ زرد، نارنجی، آبی، بنفش یا سیاه را دارا باشند. تعدادی بی رنگ بوده و در نتیجه شفّاف هستند. آنها روی موادّ زاید جنگلهای مرطوب، زیر کنده های درختان، روی قارچهای تخت یا طاقچه ای مسن، و گاهی روی قارچهای چتری مسنتر و مناطق مرطوب دیگری که موادّ آلی غیرزنده وجود داشته باشد یافت می شوند. آنها به میزان ۲/۵ سانتیمتر یا بیشتر در ساعت حرکت می کنند. همچنان که پیش می روند غالباً در مقابل رطوبت تدریجی از باکتریها و ذرّات آلی دیگر تغذیه می کنند. آنها دارای تعداد زیادی هستهٔ دیپلوییدی هستند. تمام هسته ها هنگام رشد بکرّات تقسیم می شوند. با وجود یک منبع غذایی مناسب یک پلاسمودیوم ممکن است تا ۲۵ برابر اندازهٔ اوّلیه اش در طول یک هفته رشد کند.



شکل ۳-۱۸ پلاسمودیوم کپک مخاطی فیزاروم (Physarum)

هنگامی که منبع غذایی کاهش یابد یا عامل دیگر محیطی مانند رطوبت یا نور بطور قابل ملاحظه ای تغییر کند، رویدادهای جالبی اتّفاق می افتد. معمولاً پلاسمودیوم تبدیل به تعداد زیادی هاگدان کوچک (شکل ۴-۱۸) می شود. هاگدان محتوی هزاران هاگ تک سلّولی ظریف است. در بعضی گونه ها هاگدان به صورت اجسام عریض و طویلی و به اَشکال گوناگون ظاهر می شوند. برحسب گونه ها هاگدانها ممکن است دارای پایه های باریکی باشند و یا بدون پایه باشند. در گونه های دیگر تمام پلاسمودیوم ممکن است تشکیل یک تودهٔ هاگ دار را دهد که اَشکال متنوّعی را ایجاد می نمایند. در بعضی دیگر ترکیبی از اَشکال و توده ها ممکن است ایجاد شود. هاگها غالباً درون یک تودهٔ درهم آمیختهٔ رشته ای بنام کاپیلیتیوم توزیع می شوند.

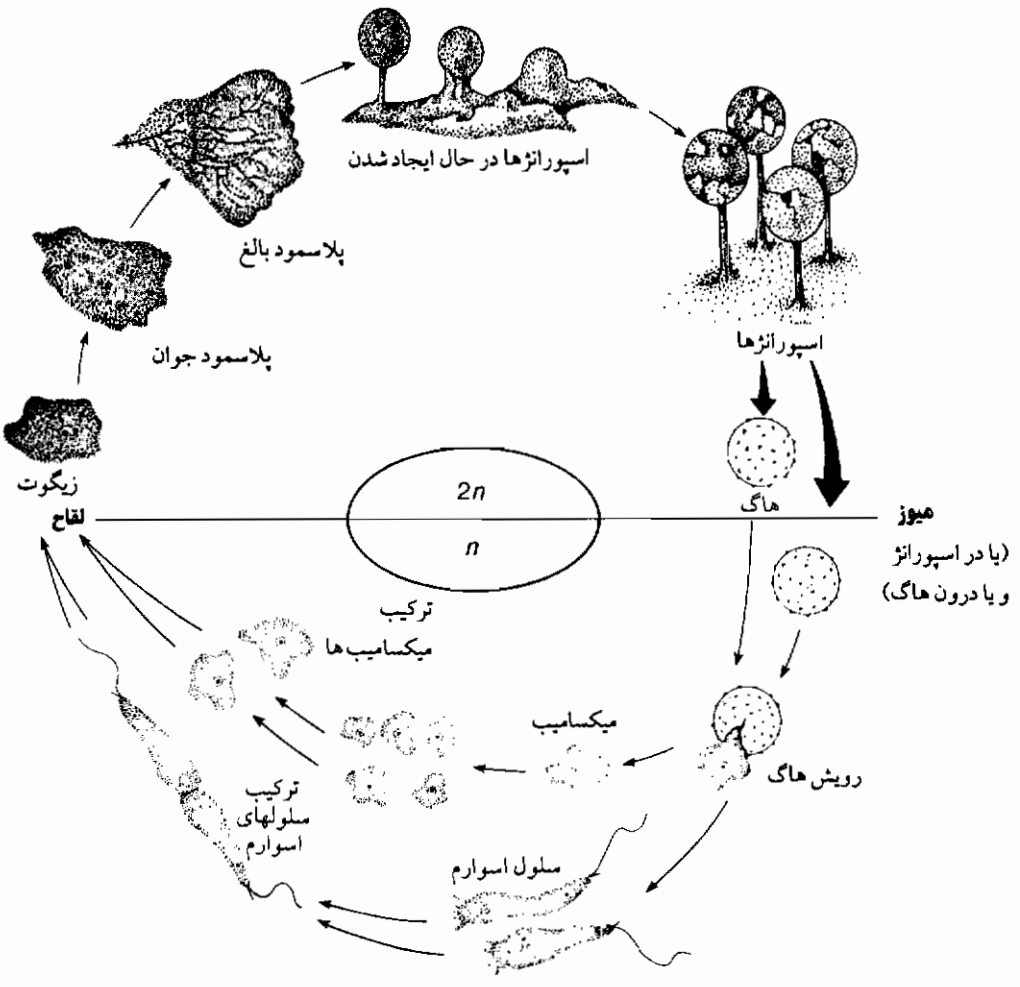


(الف)

(ب)

شکل ۴-۱۸ هاگدانهای کپک مخاطی معمولی. الف ـ آرسی‌ریا (Arcyria)، ب ـ لیکوگالا (Lycogala)

با تشکیل هاگ، یک هسته و کمی سیتوپلاسم توسّط یک دیواره حاطه می شوند. درون اسپورمیوز رخ داده و ۳ هسته از ۴ هستهٔ حاصل تجزیه می شوند. هنگام رویش هاگ یک یا چند سلّول آمیب گونه بنام میکسامیب آزاد می شود. گاهی اینها تاژك دارند که در این حالت به آنها سلّولهای سوارم گفته می شود. هرکدام از این دو حالت (میکسامیب و سلّول سوارم) در نتیجهٔ تکامل و با از دست دادن تاژك به یکدیگر قابل تبدیل می باشند. میکسامیب و سلّولهای سوارم در ابتدا از باکتریها و ذرّات غذایی دیگر تغذیه می کنند. دیر یا زود آنها به عنوان گامت عمل نموده به صورت جفت با هم ترکیب شده و تشکیل زیگوت می دهند. پلاسمودیوم جدید معمولاً از زیگوت رشد می نماید، گرچه گاهی زیگوتها یا پلاسمودیومهای کوچک با هم ترکیب شده و پلاسمودیومهای بزرگتری را ایجاد می کنند (شکل ۵-۱۸).



شکل ۵-۱۸ چرخهٔ زندگی یك کپك مخاطی

۲ تا چند شاخه از کپکهای مخاطی شناخته شده‌اند. اکثر گونه‌ها پلاسمودیوم داشته و الگویی را که شرح داده شد دارا می‌باشند. ولی حدود ۲۴ گونه که ارتباط واضحی با کپکهای مخاطی دیگر ندارند، ***کپکهای مخاطی سلّولی*** نامیده می‌شوند. چون آنها پلاسمودیوم حقیقی تولید نمی‌کنند. با وجود این، تک تک سلّولهای آمیبی شکل مستقلاً تغذیه کرده، تقسیم شده و تولید سلّولهای مجزّای جدیدی را به دفعات می‌کنند. هنگامی که جمعیت آنها به اندازهٔ مشخّصی

برسد، تغذیه را متوقّف کرده و به صورت گروهی شکل گرفته و توده‌ای بنام پلاسمودیوم کاذب ایجاد می نمایند. پلاسمودیوم کاذب مانند یک حلزون باغچه به نظر می رسد و می خزد. سرانجام ساکن شده و به تودهٔ اسپورانژ مانندی متشکّل از اسپورها تغییر می یابد.

انسان و روابط اکولوژیکی کپکهای مخاطی

کپکهای مخاطی، نقش اکولوژیکی مشابه باکتریها را در تجزیهٔ ذرّات آلی به موادّ ساده تر ایفا می کنند. آنها همچنین جمعیّت باکتریها را در جنگل و زیستگاههای چوبی کاهش می دهند. بجز یک گونهٔ غیرعادی که گاهی به کلم حمله می کند، و گونهٔ دیگر که عامل شورهٔ سیب زمینی و یک بیماری در ترتیزك آبی می شود، آنها اهمّیت اقتصادی کمی دارند.

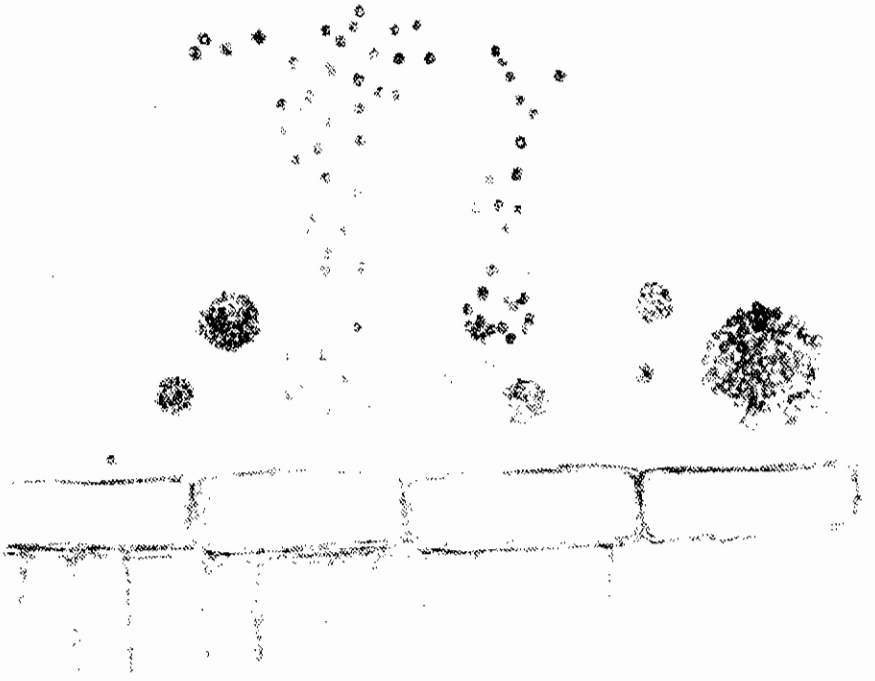
زیرسلسلهٔ کیتریدومیکوتینا (Chytridomycotineae) ـ کیتریدها[1]

اگر برگها یا گلهای مرده، فلسهای پیاز خوراکی مسن، پوستهٔ بال سوسک مرده، یا موادّ آلی دیگر را درون آبی که مقداری با خاك مخلوط شده است غوطه ور کنید، امکان زیادی دارد که بعد از یک یا دو روز هزاران کیترید (به صورت Kitt-ridd تلفّظ می شود) میکروسکپی در سطح اجسام غوطه ور ظاهر شوند (شکل ۶-۱۸). این ساده ترین قارچها شامل تعدادی انگل قارچهای آب زی دیگر، گیاهان گلدار آب زی، و جلبکها می باشند. بعضیها انگل دانه های گرده می شوند و تعدادی گونه های دیگر ساپروفیت هستند. بعضی از متداولترین کیتریدها دارای سلّولهای کروی با رشته های منشعب بی رنگ بنام ریزوییـد در یک انتها می باشند. ریزوییدها باعث اتّصال قارچ به منبع غذایی می شوند. کیتریدهای دیگر ممکن است تولید هیفهای کوتاهی نموده یا حتّی میسلیوم کاملی را ایجاد نمایند که هیفهای آن دارای تعدادی هسته می باشند. چنین میسلیومهای چندهسته ای فاقد دیوارهٔ عرضی بوده و لذا see-no-sitt-ik[2] نامیده می شوند. گزارش شده دیوارهٔ سلّولی بعضی کیتریدها علاوه بر کیتین دارای سلّولز نیز هست.

بعضی گونه های کیتریدها تنها ازطریق غیرجنسی تولید مثل می کنند. زوسپورها که هرکدام دارای یک تاژك هستند بعد از رهاسازی ساکن شده و به کیترید جدیدی تبدیل می شود. در تعدادی از گونه ها تولید مثل جنسی توسط ترکیب گامتهای متحرّك با هسته های هاپلوییدی یا با ادغام دو سلّول غیرمتحرّك صورت می گیرد. زیگوت دیپلوییدی بعداً وارد تقسیم میوز

1- Chytrids 2- Coenocytic

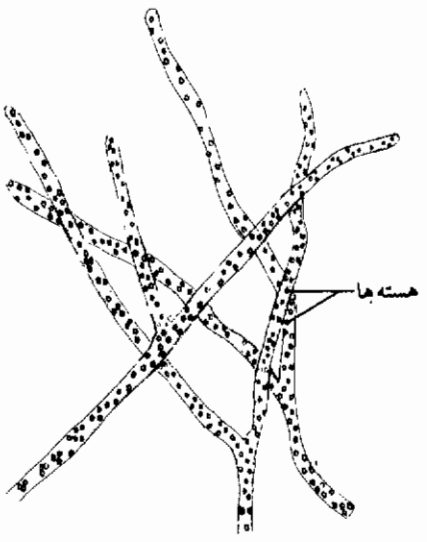
می شود. زیگوت معمولاً به صورت اسپور نهفته در می آید. منشأ کیتریدها ناشناخته است ولی حضور یک تاژك در سلّولهای متحرّك سبب شده که بعضیها اعلام کنند که ممکن است آنها از پروتوزواها منشأ گرفته باشند.



شکل ۶-۱۸ کیتریدها روی برگ مردهٔ غوطه‌ور

زیرسلسلهٔ ماستیگومیکوتینا (Mastigomycotineae) ـ کپکهای آب زی

کسانی که ماهیهای گرمسیری را در اکواریومها نگاه داشته اند و یا در پایان فصل تخم ریزی ماهی آزاد آن را دیده اند، غالباً توجّه کرده اند که توده ای پنبه ای در هر محلّی که روی بدن ماهی بریده یا کبود شده باشد به وجود می آید. همین طور این کپکها احتمال دارد روی چشم ماهی بیمار رشد کنند. این قارچهای آب زی که همچنین به دفعات روی حشرات مرده دیده می شوند بسادگی در سطح دانه های شاهدانه قرار داده شده در آب رشد می کنند، کپکهای آب زی یا اوومیستها (Oomycetes) نامیده می شود (شکل ۷-۱۸).



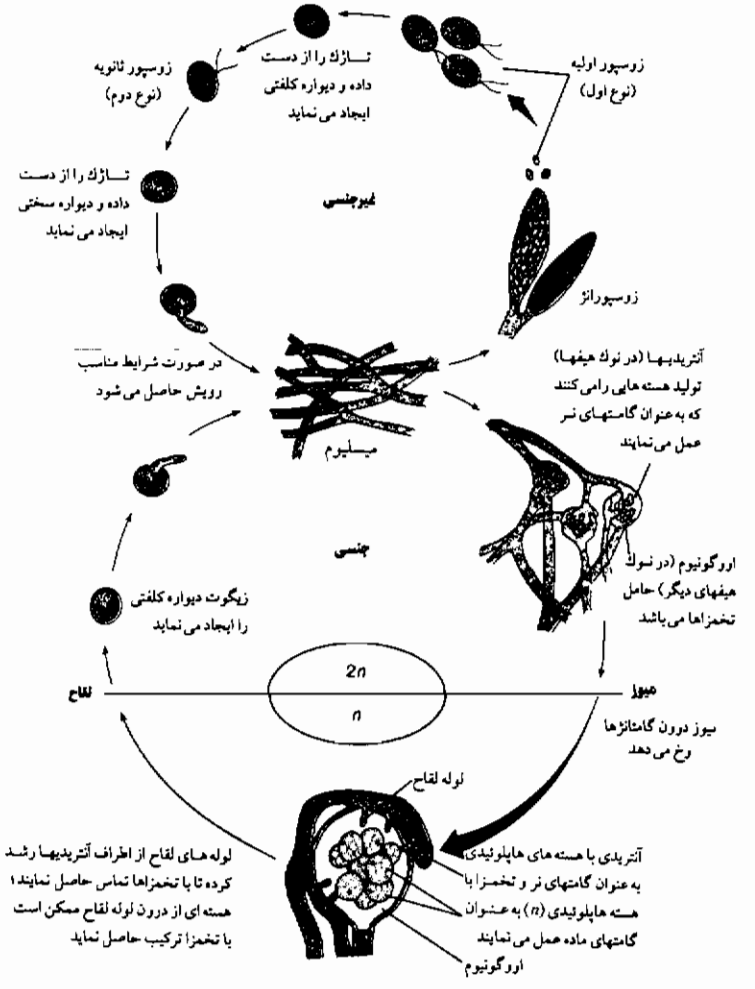
شکل ۷-۱۸ هیفهای سینوسیتیک کپک آب‌زی

در تولید مثل غیرجنسی کپکهای آب زی نوك هیفهای ویژه‌ای از میسلیوم با ایجاد دیوارهٔ عرضی جدا می شوند. تعداد زیادی زوسپور دو تاژکی در این سلّولهای رأسی تولید می گردد. زوسپورها بعد از رها شدن از منافذ انتهایی سرانجام به میسلیومهای کپکهای آب زی جدیدی رویش حاصل می نمایند. تولید مثل جنسی، در ارتباط با اووگونیوم و آنتریدیوم می باشد که تحت تأثیر هورمونهایی به وسیلهٔ قارچ تولید شده و روی انشعابات جانبی ایجاد می شوند. میسلیوم دیپلوییدی است و میوز درون اووگونی و آنتریدی روی می دهد. زیگوتهای تشکیل شده در اووگونیوم سرانجام ایجاد میسلیومهای جدیدی را می کنند (شکل ۸-۱۸).

انسان و روابط اکولوژیکی کپکهای آب زی

دو عضو بسیار مهمّ این زیرسلسلهٔ قارچها، مسؤول بیماریهای جدّی در گیاهان تکامل یافته می باشند. هیچ کدام از این دو عضو، درون آب رشد نمی کنند. گرچه آب باران یا شبنم جهت تولید مثل آنها ضروری است. یکی بنام سفیدك دروغین انگور است که دورهٔ زندگی خود را روی برگهای انگور کامل می نماید و اگر با آن مبارزه نشود در پایان تمام تاکستان را نابود می کند. این بیماری بطور جدّی تاکستانهای صنعتی فرانسه را در نیمهٔ دوم قرن نوزدهم تهدید

.کرد: این بیماری ابتدا در محوّطه های انگورکاری از قلمه های وارداتی آمریکایی شروع شد. این بیماری پس از چند سال کنترل گردید. کنترل آن ازطریق کشف مخلوط بوردو یعنی ترکیبی از سولفات مس و آهک صورت گرفت که از رشد سفیدك جلوگیری می کند. این مخلوط، اوّلین مادّهٔ شناخته شده ای است که به عنوان یک قارچ کش مورد استفاده قرار گرفته است. ابتدا این مخلوط به تاکهای انگور پاشیده می شد تا رهگذران را از ربودن انگورها که به واسطهٔ آن مزهٔ نامطلوبی داشته دلسرد کند.



شکل ۸-۱۸ چرخهٔ زندگی کپك آب زی ساپرولگنیا (Saprolegnia)

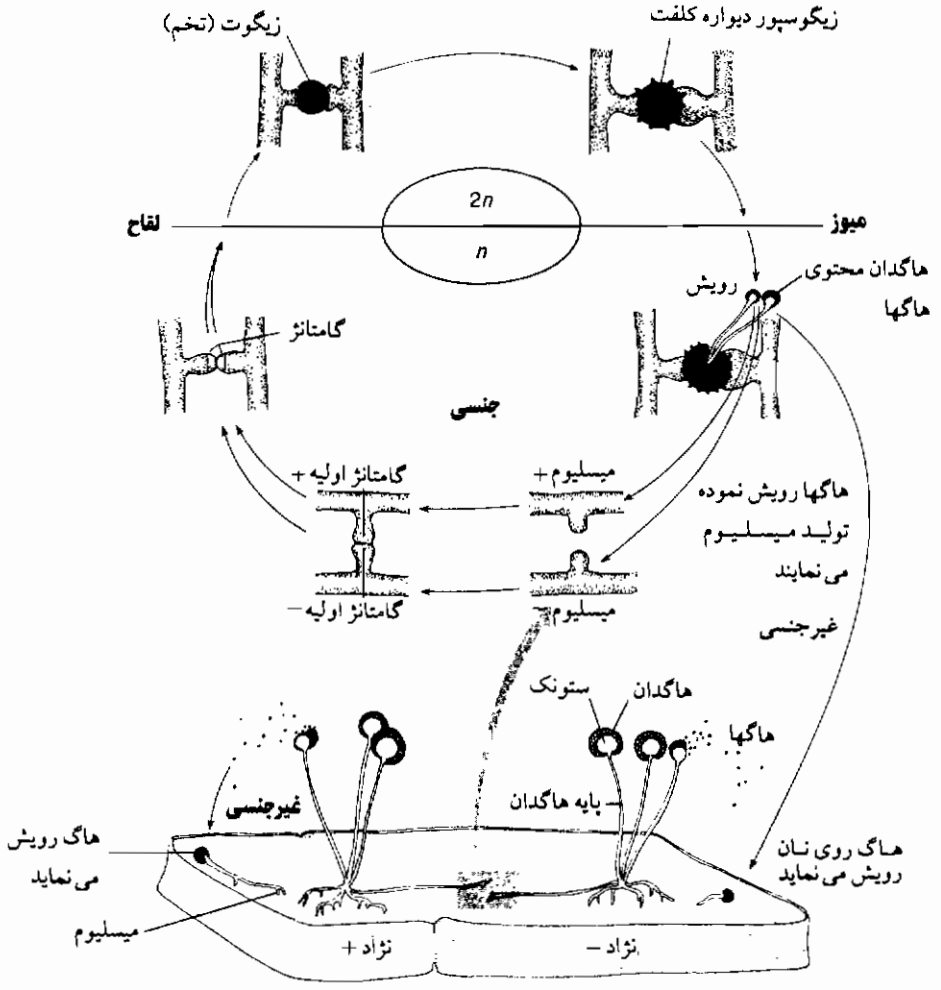
دیگر عضو اوومیستها که ایجاد بیماری می نماید بلایت سیب زمینی نامیده می شود. این قارچ بیماری زا در گذشته مزارع سیب زمینی را بطوری نابود کرد که در مواقعی مسیر تاریخ را عوض نمود. در تابستان سال ۱۸۴۶ کلیهٔ محصولات سیب زمینی ایرلند در ظرف یک هفته نابود شد و به دنبال آن قحطی پیش آمد، بطوری که یک میلیون نفر از گرسنگی جان سپردند و عدهٔ زیادی به ایالات متّحده مهاجرت کردند. قارچ میسلیوم خود را درون بافتهای برگ ایجاد می کند؛ لذا در برابر سمپاشی مصون می ماند. لیکن اگر برگها با مخلوط بوردو یا قارچ کشهای دیگر قبل از رویش هاگها سم پاشی شوند از رشد قارچ ممانعت خواهد شد.

زیرسلسلهٔ یومیکوتینا (Eumycotineae) : قارچهای حقیقی

شاخهٔ زیگومیکوتا ـ قارچهای حقیقی سنوسیت

گرچه کپک سیاه نان، شناخته شده ترین عضو این شاخه است، ولی آنها تنها قارچهایی نیستند که روی نان رشد می کنند. بسیاری از موجودات زنده در حقیقت می توانند باعث ایجاد ضایعات نان شوند. به این دلیل تقریباً به تمام خمیرهای نانوایی و پختنی در گذشته مواد شیمیایی نظیر پروپیونات کلسیم جهت جلوگیری یا به تعویق انداختن رشد چنین موجوداتی اضافه می شد. اکنون روند جدیدی در پیش است که این موادّ حفاظت کننده را از نان، کلوچه، پای و مواد پختنی دیگر حذف کنند؛ زیرا موادّ شیمیایی که باعث می شوند آنها محیط نامناسبی برای رشد قارچها بشوند، ظاهراً در نتیجهٔ استفادهٔ مداوم از آنها ضایعاتی را برای انسان به بار می آورد. راههای دیگری برای به تعویق انداختن رشد قارچها و ضایعاتشان در دست بررسی است.

ریزوپوس (Rhizopus) (شکل ۹-۱۸) معروفترین نمونهٔ کپک سیاه نان در این شاخه، دارای هاگهایی است که در همه جا فراوانند. آنها در هوای قطب شمال، بالای جنگلها، داخل و خارج ساختمانها، درون خاك، روی لباسها، اتومبیلها، و صدها کیلومتر در سطح دریاها یافت می شوند چون بسادگی به وسیلهٔ نسیم و باد منتقل می گردند. هنگامی که هاگ در محیط مناسبی قرار گیرد رویش حاصل نموده و بزودی تولید میسلیوم وسیعی را می کند که دارای هسته های هاپلوییدی بوده شبیه میسلیوم کپکهای آب زی سینوسیتیک است. بعد از رشد میسلیوم هیفهای ویژه ای بنام اسپورانژوفور به سَمت بالا رشد کرده و ایجاد اسپورانژهای کُروی شکلی را در نوك خود می کنند. درون هر اسپورانژ تعداد زیادی هاگ سیاه تشکیل می شوند. هنگامی که این هاگها با تجزیهٔ دیوارهٔ اسپورانژ آزاد شدند پراکنده شده و چرخه را تکرار می کنند.



شکل ۹-۱۸ چرخهٔ زندگی کپک سیاه نان ریزوپوس (Rhizopus)

چنین تولید مثلی که با هیچ ترکیب گامتی همراه نیست، تولید مثل غیرجنسی می باشد. لیکن کپکهای سیاه نان نیز به وسیلهٔ نوعی کونجوگاسیون تولید مثل جنسی انجام می دهند. گرچه تفاوتهای آشکاری بین شکل میسلیومها وجود ندارد ولی آنها به صورت دو نژاد مختلف جفت گیری می کنند. هنگامی که هیف یک نژاد با نژاد دیگر روبرو می شود، ناحیهٔ متورّمی بنام

پروگامتانژ در مقابل هریک از هیفها تشکیل می شود. این برآمدگیها به سَمت یکدیگر رشد می کنند تا با هم تماس حاصل کنند. یک دیوارهٔ عرضی به فاصلهٔ کمی پشت هر رأسی تشکیل می شود، و گامتانژها در هم ادغام می گردند. آنها پس از ترکیب تشکیل یک سلّول چند هسته ای درشت می کنند که در آن هسته های دو نژاد جفت جفت با هم ترکیب می شوند. یک دیوارهٔ ضخیم با تزیینات اطراف این سلّول را با هسته های دیپلوییدی احاطه می کند. این ساختمان **زیگوسپور** نام دارد، و اسپور جنسی ویژهٔ اعضای این شاخه می باشد. زیگوسپور ماهها به حال استراحت می رود ولی سرانجام با شکافهایی باز شده یک یا چند اسپورانژوفور با اسپورانژهایی در نوك آنها به سَمت خارج رشد می کنند. قبل از این که این اتفاق بیفتد ظاهراً تقسیم میوز به وقوع پیوسته و هزاران هاگ سیاه درون اسپورانژها تولید می شود. در بعضی گونه ها هاگها در سطح هیف تشکیل شده به جای این که درون اسپورانژ تولید گردند. در این شاخه **زوسپور** شناخته نشده است.

جنسی که روی مدفوع حیوانات زندگی می کند از قارچهای این رده و دارای نام علمی پیلوبولوس (Pilobolus) می باشد. پیلوبولوس از کلمهٔ یونانی به معنی «پرتاب کنندهٔ کلاه» مشتق می شود. این نام کاملاً مناسب است زیرا اسپورانژهای آن هنگام بلوغ تا فاصله ۸ متری شدیداً پرتاب می گردند و به علفها و گیاهان دیگر می چسبند (شکل ۱۰-۱۸). هنگامی که گیاه به وسیلهٔ جانوران خورده می شود، هاگها از سیستم گوارشی بدون این که ضرری داشته باشند عبور نموده و در مدفوع رویش می کنند. این قارچها اسپورانژهای خود را دقیقاً در جهت نور که به آن خیلی حسّاس هستند پرتاب می کنند. این عمل را می توان به وسیلهٔ قرار دادن مقداری مدفوع اسب در یک ظرف شیشه ای که یک سرپوش دارد و با یک ورقهٔ سیاه پوشیده شده نشان داد. اگر شکافی در ورق بریده شود (شکاف می تواند با یک طرح تزیینی جالب ایجاد شود)، و ظرف در محلّی برای مدّت چند روز در معرض نور کافی قرار داده شود، اسپورانژهای پیلوبولوس که بشدّت پرتا می شوند روی شیشهٔ مقابل ناحیهٔ بریده شده و به صورت طرحی که انتخاب شده لکّهٔ سیاهی را ایجاد می نمایند.

انسان و روابط اکولوژیکی قارچهای حقیقی سینوسیت

در اندونزی و نواحی مجاور، یک گونه از کپک نان برای تولید غذایی بنام تمپه[1]

1- Tempeh

مورد استفاده قرار می گیرد. تمپه اساساً از سویای بدون پوست و جوشانده شده درست می شود که با کپک نان آغشته گردیده و تا ۲۴ ساعت می ماند. میسلیوم، قارچ رشد کرده و دانه های سویا را به هم متصل می کند و تولید آنزیمهایی می نماید که میزان چند ویتامین B را بالا می برد. تمپه روزانه و تازه به تازه تهیّه شده، مرغ و یا برشته گردیده و برای استفاده در سوپ خُرد می شود. گونهٔ دیگری از کپک نان با سویا برای تهیّهٔ پنیر چینی بنام سوفو[1] مورد استفاده قرار می گیرد.

حدّاقل ۲ گونه از قارچهای سینوسیت اکنون به صورت تجارتی در تولید قرصهای ضدّبارداری و داروهای بی هوشی مورد استفاده قرار می گیرند. گونه های دیگر در تولید الکلهای صنعتی و نرم کردن گوشت مصرف می شوند. اکنون از یک گونه که تولید رنگدانهٔزرد را می کند در رنگ کرهٔ مارگارین استفاده می شود.

شکل ۱۰-۱۸ قارچ کود (اسب) پیلوبولوس(Pilobolus). اسپورانژها بشدّت به‌سمت نور پرتاب می‌شوند.

1- Sufu

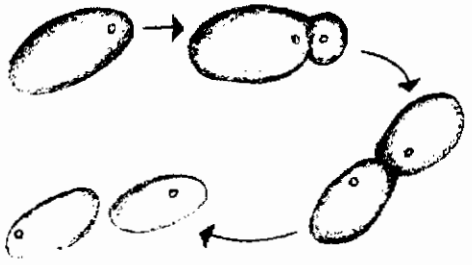
شاخهٔ یومیکوتا (Eumycota)

ردهٔ آسکومیسیت (Ascomycetes) ـ قارچهای کیسه ای

اگر بطور اتّفاقی در تابستان به جنوب فرانسه مسافرت کرده باشید ممکن است از مشاهدهٔ زنان و مردانی که حلقه های طناب به دور کتفشان انداخته و خوکها را در چرخهای دستی نشانده و به اطراف می کشانند حیرت می کنید. آنها خوکها را برای به سیخ کشیدن و بریان کردن برای فستیوال نمی برند بلکه آنها را به جنگل می برند تا برای پیدا کردن قارچهای دنبلان به آنها کمک کنند. این قارچها خوراکی بوده و اندازهٔ آنها بین ۲/۵ تا ۱۵ سانتیمتر زیر خاك و معمولاً در نزدیکی درختان بلوط رشد می کنند. این قارچها تا حدّی شبیه آلو می مانند و ممکن است قطری تا ۱۰ سانتیمتر و اغلب کمتر داشته باشند. بوی تند و جذب کننده ای متصاعد می کنند که خوکها از بیش از ۱۵ متری متوجّه آنها می شوند و لذا طناب را می کشند و صاحبان آنها دنبلانها را در می آورند. این دنبلانها درسال ۱۹۸۹ در ایالات متّحده به ازای هر پوند (کمتر از ۰/۵ کیلوگرم) ۲۰۰ دلار فروخته شد. بعد از پیدا کردن دنبلان، به خوکها میوهٔ بلوط که یک خوراکی کم اهمّیت است به عنوان پاداش داده می شود. در حال حاضر به جای خوکها از سگهای تربیت شده برای یافتن دنبلان استفاده می شود. این سگها را نیز می توان برای اهداف دیگر مورد استفاده قرار داد.

دنبلانها اندامهای تولید مثلی نمونه هایی از ردهٔ بزرگ و متنوّع قارچهای حقیقی کیسه دار هستند. بیش از ۲۰/۰۰۰ گونه از این قارچها شامل: مخمّرها، سفیدکهای حقیقی، پوسیدگی قهوه ای میوه، ارگوت، مورل، انگلهای میکروسکپی حشرات، قارچ میوه های کنسروی و تعدادی دیگر، گزارش شده است. این قارچها اکثراً تولید میسلیوم می کنند که شبیه میسلیوم کپکهای آب زی و قارچهای حقیقی سنیوسیت نبوده بلکه هیفها جدار عرضی دارند. هر دیوارهٔ عرضی، یک یا چند منفذ دارد که از طریق آنها یک یا چند هستهٔ کوچک قادر است عبور نماید. اجسام کوچکی به عنوان درپوش در نزدیکی منافذ قرار دارند. این اجسام چنانچه سلّولها صدمه ای ببینند آنها را مسدود می کنند.

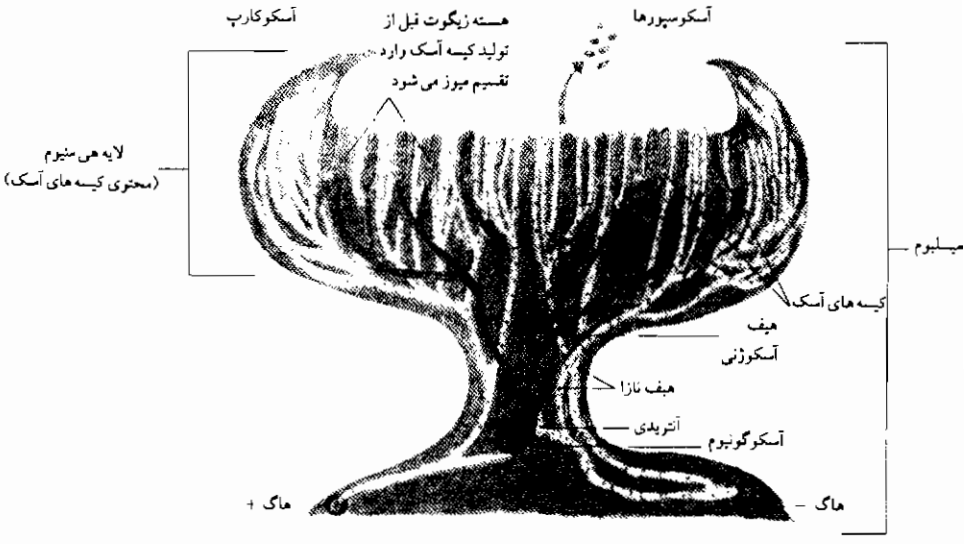
تولید مثل غیرجنسی به وسیلهٔ کونیدی صورت می گیرد. کونیدیها هاگهایی هستند که در خارج از اسپورانژ تشکیل می شوند. آنها به صورت انفرادی یا زنجیره ای در بالای هیفهایی بنام کونیدیوفور تولید می شوند (شکل ۳۷-۱۸). تولید مثل مخمّرها ازطریق جوانه زدن (شکل ۱۱-۱۸) صورت می گیرد. هنگام جوانه زدن ابتدا یک برآمدگی کوچکی ظاهر شده بتدریج متورّم می گردد تا به اندازهٔ نهایی خود برسد، سپس جدا می شود.



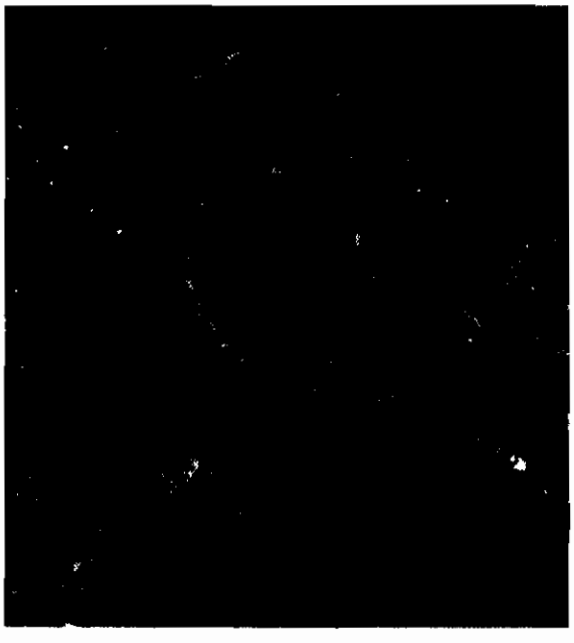
شکل ۱۱-۱۸ چگونه یك سلول مخمّر ازطریق جوانه‌زدن تکثیر می‌نماید

تولید مثل جنسی، همیشه به همراه تشکیل کیسه هایی بنام آسک می باشد. هنگامی که هیفهایی با جنسیّتهای مختلف در قارچهای کیسه دار از نزدیک ارتباط برقرار می کنند، آنتریدی نر در روی یکی، و آسکوگونیوم ماده در روی دیگری، تشکیل می شود. هستهٔ نر به درون یک آسکوگونیوم مهاجرت می کند و با هستهٔ ماده جفت می گردد لیکن ترکیب نمی شود. سپس هیفهای جدید (هیفهای آسکوژن = آسک زا) که سلّولهای آنها هرکدام دارای یک هستهٔ نر و یک هستهٔ ماده هستند از آسکوگونیوم رشد می کند، این سلّولها به روش منحصربه فردی تقسیم می شود بطوری که هر سلول یکی از هر نوع هسته را داراست. در زمان بلوغ زوج هسته ها در سلّولهای راسی هر هیف آسکوژن، در هم ادغام می شود و کیسه های آسک لوله ای به صورت ردیفی (بنام هیمنیوم) در سطح ساختمانی بنام آسکوکارپ رشد می کنند. هستهٔ تخم دیپلوییدی به طریق میوز تقسیم شده و ۴ هستهٔ هاپلوییدی حاصل معمولاً تقسیم دیگری از نوع میتوز انجام می دهند بطوری که یک ردیف از ۸ هستهٔ درون کیسهٔ آسک به وجود می آید. این هسته ها هنگامی که با اندکی سیتوپلاسم احاطه می‌شوند به آسکوسپور تبدیل می گردند (شکل ۱۲-۱۸).

در یک آسکوکارپ هزاران کیسهٔ آسک که غالباً فنجانی شکل هستند (شکل ۱۳-۱۸) می توانند در کنار هم قرار گیرند، ولی علاوه براین آسکوکارپها احتمال دارد کاملاً بسته و یا کوزه ای شکل باشند و منفذ کوچکی در رأس آنها دیده شود. دنبلانها در حقیقت آسکوکارپهای بسته هستند. آسکوکارپهای فنجانی شکل بین ۵ تا ۷/۵ سانتیمتر قطر دارند و ممکن است درون آنها رنگی باشد. هنگامی که آسکوکارپها بالغ شدند، آسکوسپورها به وسیلهٔ نیرویی از کیسه های آسک آزاد می شوند. اگر یک آسکوکارپ باز در زمان مشخّصی تکان داده شود، غبار سبک و ابر مانندی متشکّل از هزاران آسکوسپور ایجاد می شود.



شکل ۱۲-۱۸ چرخهٔ زندگی یك قارچ کیسه‌ای (رجوع شود به توضیحات متن)



شکل ۱۳-۱۸ آسکوکارپ یك قارچ کیسه‌ای

هنگامی که آسکوسپور در محیط مناسبی قرار گیرد، رویش کرده، تولید یک میسلیوم جدید نموده و بدین صورت چرخه تکرار می شود. ولی در بعضی نمونه ها چندین نسل غیرجنسی در ارتباط با کونیدی بین چرخه های جنسی ایجاد می گردد.

انسان و روابط اکولوژیکی قارچهای کیسه دار

مورلها که بعضی آنها را لذیذترین قارچ چتری دنیا نامیده اند و قارچهای دنبلان که قرنهاست به عنوان خوراك مطرح می باشند، در حقیقت هیچ کدام قارچ چتری حقیقی نیستند. قارچهای چتری و کلاه دار حقیقی در مبحث قارچهای پایه دار در بخش بعدی بررسی می شوند. یونانیان و رومیان ثروتمند اسرار می وزیدند که شخصاً برحسب دستورالعملهای غذایی گوناگون، خود آنها را طبخ نمایند، و امروزه نیز به عنوان خوراك لذیذی طرفدار زیاد دارند. قبل از سال ۱۹۸۲ تلاشهای غیرمؤثّری برای کِشت دو قارچ بالا در شرایط کنترل شده صورت گرفت ولی مورلها اکنون به مقدار زیادی به صورت تجاری تولید می شوند و برای فروش آنها اقدام شده است. مورلها (شکل ۱۴-۱۸) به اندازهٔ قارچهای چتری متوسّط و کوچک هستند، رنگ آنها قهوه ای و دارای سطحی مخروطی و چین خورده اند که بر روی پایه ای که شباهت به تنهٔ درخت مینیاتوری دارد قرار گرفته است. فرورفتگیهای فراوان بین چین خوردگیها محتوی هزاران کیسهٔ آسک هستند. اگرچه مورلها کاملاً خوراکی می باشند، لیکن گزارشهای تأیید نشده ای وجود دارد مبنی بر این که بعضی اشخاص پس از مصرف آنها با مشروبات الکلی بیمار شده اند.

شکل ۱۴-۱۸ یك مورل

یک قارچ چتری نزدیک بنام «مورل کاذب» یا «مورل استیکی» به وسیلهٔ خیلی از اشخاص به عنوان خوراك لذیذی استفاده می شود در حالی که در بعضی دیگر موجب مرگ می شود. این موضوع که غیرقابل پیش بینی است مربوط به واکنش متابولیسم انسان و قارچهای ویژه‌ای می شود. برای بعضی اشخاص قارچها کاملاً مناسب هستند، ولی برای برخی دیگر این طور نیست، یک ضرب المثل می گوید «گوشت برای یک نفر سمّ برای فردی دیگر است».

هنگامی که جو و به مقدار کم غلّات دیگر در مزارع گل می دهند، ممکن است با قارچ ارگوت آلوده شده باشند. این قارچ بندرت تولد بیماری جدّی در محصولات کشاورزی می کند، ولی هنگامی که درون دانهٔ بالغ رشد کند، چندین داروی قوی تولید می کند. اگر دانه های آلوده خُرد و آسیاب شوند، در هر شخصی که نان آلوده را مصرف کند بیماری بنام «ارگوتیسم» ایجاد می شود. این بیماری می تواند روی سیستم اعصاب مرکزی اثر گذاشته و غالباً ایجاد حملهٔ عصبی، تشنّج، و گاهی مرگ می کند. شکل دیگر ارگوتیسم سبب قانقاریا در اعضای بدن شده و ممکن است نتیجهٔ آن، از دست دادن عضو شود. این بیماری همچنین ممکن است برای گله های گاو که در مزارع آلوده چَرا می کنند مسأله ساز بشود. گاوها جنینهای گوساله های خودرا سِقط کرده و ممکن است خودشان نیز از پای در آیند.

در قرونِ وسطی ارگوتیسم در اروپا رواج داشت، در آن زمان بنام «آتش حضرت آنتونی» شناخته شده بود. در سال ۹۹۴ میلادی این بیماری به صورت اپیدمی ۴۰،۰۰۰ نفر را به هلاکت رساند. در سال ۱۷۲۲ سواره نظام پتر کبیر درست زمانی که سزار در شرف فتح ترکیه بود به وسیلهٔ ارگوتیسم از پای در آمد و این فتح هرگز صورت نگرفت. اخیراً در سال ۱۹۵۱ بیماری ارگوتیسم شیوع پیدا کرد و در یکی از روستاهای فرانسه ۱۵۰ نفر را بستری نمود، که ۵ تن جان سپردند و ۳۰ تن بطور دایمی دیوانه شدند و همواره تصوّر می کردند که به وسیلهٔ مارها و شیاطین تعقیب می شوند. عقیده براین است که در گذشته ارگوتیسم عاملی برای اعتقاد آوردن مردم به جادوگری بوده است.

داروهای ارگوت به مقادیر کم و کنترل شده برای درمان مفید هستند. آنها انقباضات رحم را برای آغاز زایمان تحریک می کنند و در سقط جنین و درمان سردردهای میگرن کاربرد

دارد. ارگوت همچنین یک منبع اوّلیه برای تولید داروهایی بنام اسید لیسرژیک دی تیل آمید معروف به LSD می باشد.

شکل ۱۵-۱۸ چاوداری که دچار ارگوت شده. ساختمانهای سیاه بزرگ که در خوشهٔ چاودار پراکنده است تخمدانهایی است که با ارگوت آلوده شده است.

قارچهای این رده، نقش اساسی در آماده سازی محصولات نان و شیرینی و الکل ایفا می کنند. آنزیمهای تولید شده به وسیلهٔ مخمّر، به تخمیر (فصل ۱۰) کمک می کنند،

الکل اتیلیک و دی اکسید کربن در این فرایند تولید می شوند. دی اکسید کربن تولید شده در خمیر نان ایجاد حبابهای گازی را می کند که به علّت متورّم شدن خمیر به دام افتاده، و به نان، بافت منفذداری را می دهد.

مخمّر حدّاقل بطور غیرمستقیم با تولید محصولات دیگر ارتباط دارد. داروی افدرین که از چای مورمون یعنی یک بوتهٔ بدون برگ صحرایی تولید می شود از مخمّر به دست می آید. دارو در آب ریزی بینی و درمان تنگی نفس استفاده می شود. مخمّرها همچنین منبع غنی از ویتامینهای B هستند و در تولید گلیسرل برای انفجارها به کار می رود. الکل اتیلیک در صنعت به عنوان حلّال و در تولید چوب پنبهٔ مصنوعی، اسید استیک و ویتامین D کاربرد دارد. مخمّر دارای حدود ۵۰ درصد پروتئین است و مادّهٔ مغذّی برای چهارپایان می باشد. آنزیم مخمّر یعنی اینورتاز برای نرم کردن شیرینی شکلاتی بعد از آن که در پوشش کاغذی قرار داده شد استفاده می شود.

چندین بیماری مهم در این ردهٔ قارچی شناخته شده است. بیماری مرگ نارون، یک بیماری است که اوّلین بار در هلند مشاهده شد. این بیماری، درختان نارون تنومندی را به وفور در شهرها و شهرستانهای مرکز و شرق ایالات متّحده نابود کرده است و اکنون به غرب و جنوب کشیده شده است. هنگامی که این بیماری مشاهده شد، کنترل محدود آن به وسیلهٔ سم پاشی درختان با DDT که سوسکهای نارون را که ناقل بیماری بودند از بین می برد میسّر بود. ولی DDT تعداد زیادی از موجودات زندهٔ مفید را نابود می کرد و سرانجام استفاده از آن برای چنین هدفی ممنوع شد. سموم دیگری که موفقیّتهای محدودی داشت نیز مورد استفاده قرار گرفت. اکنون مبارزهٔ بیولوژیکی در دست مطالعه می باشد. یک چنین مبارزه ای در سال ۱۹۸۰ به وسیلهٔ شخصی بنام استروبل از دانشگاه مونتانا گزارش شده است. او باکتریهای پسودوموناس را به درون ۲۰ درخت بیمار تزریق کرد و تعداد ۷ عدد از آنها را نجات داد. باکتریها تکثیر شده و قارچ بیماری را از بین بردند. آیا این روش مبارزه با موفقیت سرتاسری روبرو خواهد بود یا نه در آینده معلوم خواهد شد. ولی این نوعی کنترل است که بر سم پاشیها ترجیح دارد زیرا تعادلات اکولوژیکی حسّاس طبیعت را به هم نمی زند (ضمیمهٔ ۲ مربوط به مبارزه بیولوژیکی).

بیماری بلایت شاه بلوط در حقیقت تمام گیاهانی را که زمانی به فراوانی در جنگلهای شرق آمریکا وجود داشتند نابود نمود. تلاشهایی که جهت مبارزه با این بیماری شده است تا به حال

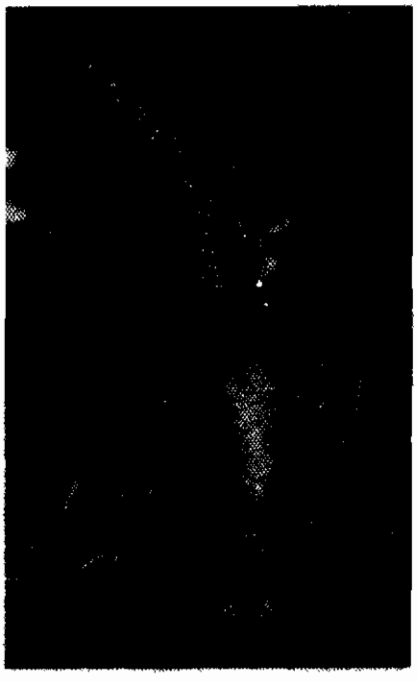
موفقیّتهای محدودی داشته است. موفّقیت بهتری در مبارزه با بیماری پیچیدگی برگ هلو به دست آمده است. این یک بیماری است که به برگهای بعضی میوه های هسته دار بویژه به درخت هلو حمله می کند (شکل ۱۶-۱۸). سمومی که دارای نمکهای مس یا روی هستند ظاهراً از رویش قارچ پیچیدگی برگ هلو جلوگیری می کنند. سم پاشی چنانچه قبل از متورّم شدن جوانه های در حال خواب و باز شدن آنها در بهار صورت گیرد در جلوگیری از بروز زیان شدید مؤثّر واقع می شود.

شکل ۱۶-۱۸ برگهای هلو که به بیماری پیچیدگی برگ هلو آلوده شده اند

ردهٔ بازیدیومیستها Basidiomycetes ـ قارچهای چوگانی

در پایان سال اوّل دانشکده ام در طیّ تابستان کارهای گوناگونی را انجام می دادم که شامل انواعی باغبانی می شد. زمانی که در حال جمع آوری برگهای مرده و آشغالهای یک محوّطهٔ سایه دار بودم به ۲ یا ۳ جسم گوشتی برخوردم که پهنای آنها به اندازهٔ یک مداد، و به طول یک انگشت از سطح زمین بالا آمده بودند. با بررسی بیشتر مشاهده کردم که این اجسام گوشتی، استحکام و ظاهر یک اسفنج را داشته و بخشی از نوك آنها با موادّ لزجی پوشیده شده و بوی

جهنّمی بدی داشتند. اینها همان قارچهای شاخ متعفّن (شکل ۱۷-۱۸) بودند که بوی بد آنها مگسها را به خود جلب می کند تا هاگهای چسبناك خود را از این طریق منتشر کنند.

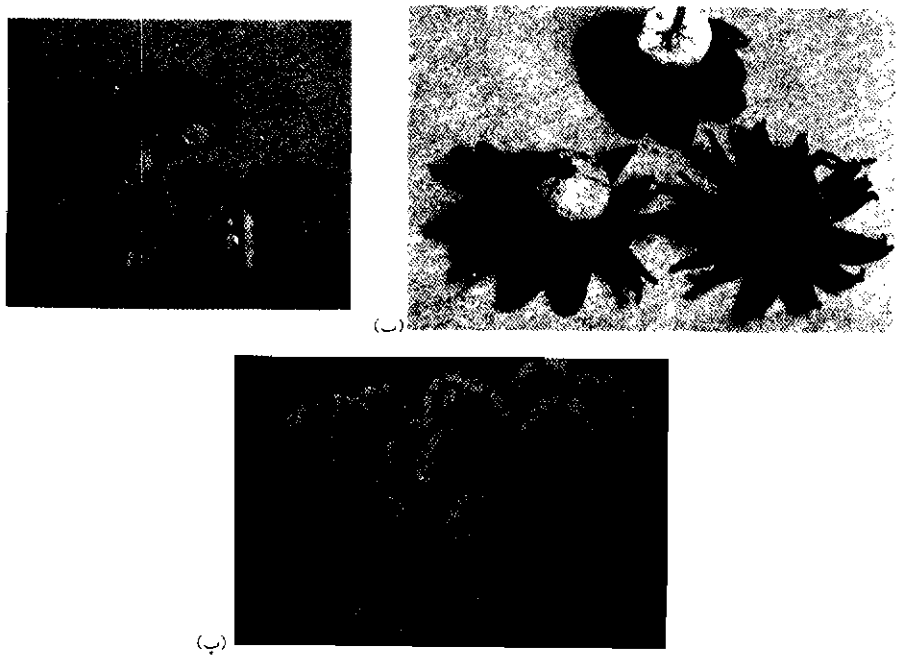


شکل ۱۷-۱۸ یك شاخ بدبوی معمولی. به‌هاگهای چسبناك سطح کلاه توجّه نمایید.

شاخهای متعفّن جالب هستند ولی در ردهٔ بزرگ دیگری از قارچهای حقیقی بنام قارچهای چوگانی یا پایه دار قرار دارند. اعضای دیگر رده شامل قارچهای چتری خوراکی و سمّی است (شکل ۱۸-۱۸ الف) (تنها راه تشخیص بین قارچهای خوراکی و سمّی براساس عقاید محلّی و اجدادی است لیکن ازنظر گیاه شناسی بین آنها تفاوتی وجود ندارد. دیگر قارچهای این رده شامل توپ پفی، ستارهٔ زمینی (شکل ۱۸-۱۸ ب)، قارچهای تخت یا طاقچه ای (شکل ۱۸-۱۸ پ)، زنگها، سیاهکها، قارچهای ژله ای، قارچهای آشیانهٔ پرنده می باشد. چنین قارچهایی قارچهای چوگانی نامیده می شوند زیرا در تولید مثل جنسی هاگهای خود را در نوك هیفهای متورّمی که غالباً شبیه چوگان هستند تولد می نمایند. این نوکهای متورّم

هیفها بازیدی نامیده می شوند. هیفهای این قارچها مانند قارچهای کیسه دار یا فنجانی قابل تفکیک به سلّولهای مجزّا هستند. سلّولها یک هسته ای است ولی گاهی دو هسته دارند. دیوارهٔ عرضی واجد یک منفذ مرکزی است که به وسیلهٔ یک برآمدگی احاطه شده است، منفذ و برآمدگی با یک سرپوش پوشیده می شود. این سرپوش، باستثنای بعضی موارد مانع تبادل هسته بین سلّولها می شود ولی به سیتوپلاسم و اندامکهای کوچک اجازهٔ عبور از میان منفذ را می دهد.

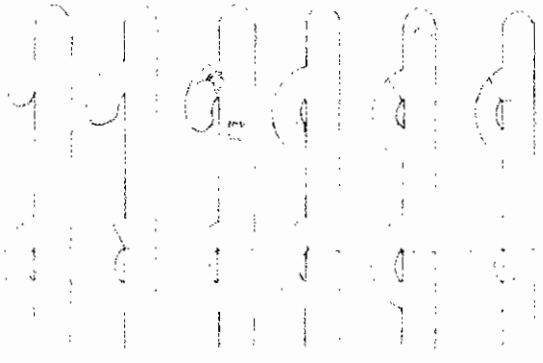
تولید مثل غیرجنسی، در قارچهای چوگانی کمتر از قارچهای رده های دیگر اتّفاق می افتد. زمانی که تولید مثل غیرجنسی روی می دهد، این نوع تولید مثل اساساً به وسیلهٔ کونیدی صورت می گیرد، گرچه تعدادی از گونه ها شبیه مخمّرها جوانه می زنند. بعضی دیگر هیفهایی دارند که به شکل سلّولهای مجزّایی قطعه قطعه می شوند. هرکدام از قطعات به صورت یک هاگ عمل کرده و بعد از رویش تشکیل میسلیوم جدیدی را می دهند.



شکل ۱۸-۱۸ الف ـ یك قارچ چوب معمولی. ب ـ ستاره‌های زمینی. پ ـ یك قارچ طاقچه‌ای

تولید مثل جنسی در تعدادی از قارچهای چتری، مشابه دو ردهٔ دیگر که توضیح داده شد آغاز می شود. هنگامی که هاگ در مکان مناسبی قرار گیرد (ناحیه ای با موادّ آلی و هوموس) رویش کرده و درست زیر سطح موادّ تولید میسلیوم می کند. هیفهای حاصل، دارای سلّولهایی است که هرکدام یک هستهٔ هاپلوییدی دارند. چنین میسلیومی منوکاریوتیک گفته می شود. میسلیومهای مونوکاریوتیکی قارچهای چوگانی غالباً به صورت ۴ تیپ جنسی ایجاد می شوند. تیپها معمولاً با شماره های ۱ ، ۲ ، ۳ و ۴ برای سادگی مشخّص می شوند. تنها انواع ۱ و ۳ یا ۲ و ۴ می توانند با هم جفت گیری کنند.

اگر هیفهای انواع سازگار رشد کرده و نزدیک هم قرار گیرند، سلّولهای آنها قادرند در هم ادغام شده و یک میسلیوم جدید که هرکدام از سلّولهای آنها دو هسته دارد به وجود آورند. به چنین میسلیومی دیکاریوتیک گفته می شود. میسلیومهای دیکاریوتیک معمولاً دارای حلقه های فرعی کوچک برآمده از سطح هیف می باشند بنام گیرهٔ اتّصال (شکل ۱۹-۱۸). گیرهٔ اتّصال در نتیجهٔ یک نوع تقسیم غیرعادی میتوزی ایجاد می شود که تضمین می نماید تا هر سلّول یکی از هسته های سازگار جفت گیری شده اوّلیه را دارا باشد.



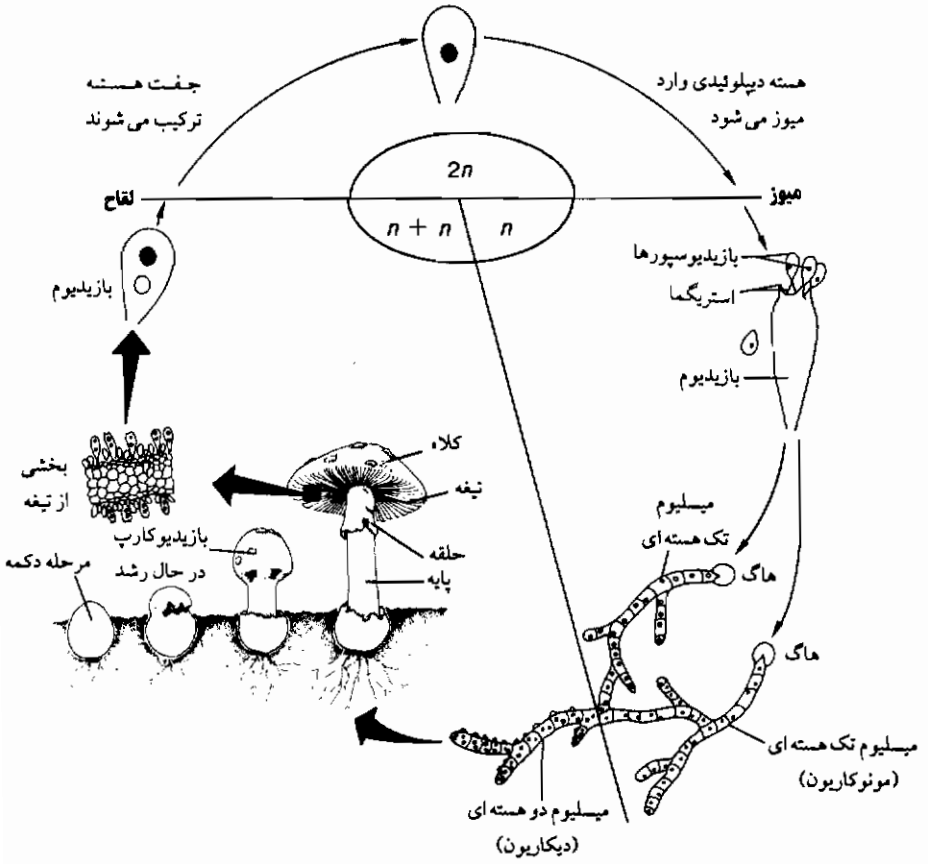
شکل ۱۹-۱۸ رشد اتّصال گیره‌ای از چپ به‌راست، یك برجستگی در دیوارهٔ سلّولی تشکیل می شود، یك هسته به قلّاب مهاجرت می کند. هر دو هسته تقسیم میتوز می کنند، قلّاب که یکی از هسته‌های جدید را دارد می چسبد به دیواره یا اتّصال گیره‌ای تشکیل می شود. هسته‌های جوان در دو سلّول جفت می شوند.

هنگامی که یک سلّول در رأس هیف دیکاریوتیک آمادهٔ تقسیم شود، یک برجستگی حلقه مانند کوچک برآمده در کنار سلّول ظاهر می شود و به سَمت بیرون و عقب رشد می کند. وقتی که چنین اتّفاقی می افتد، هسته به درون این زایده مهاجرت کرده و سپس هر دو هسته همزمان تقسیم میتوز انجام می دهند. برآمدگی به عقب رشد کرده و به دیوارهٔ سلّول متّصل می شود و دیوارهٔ عرضی مایلی بین هسته های جوان ایجاد می شود. دیوارهٔ عرضی دیگری در سلّول اصلی درست در بالای محلّی که گیرهٔ اتّصال به سلّول پیوسته است تشکیل می شود. زمانی که این پدیده کامل شد دو سلّول تشکیل می شود که هرکدام دارای دو هستهٔ سازگار بوده و همچنین دارای اتّصال گیره ای در یک سمت خود می باشند.

میسلیومهای دیکاریوتیک پس از مدّتی متراکم شده و تشکیل تودهٔ به هم پیوستهٔ به ظاهر جامدی بنام دکمه را می دهد. دکمه از سطح خاك بالا آمده و بازیدیوکارپ را ایجاد می نماید که معمولاً قارچ کلاه دار یا چتری نامیده می شود (شکل ۲۰-۱۸). اکثر قارچهای چتری یک کلاهک وسیع چتر مانند و یک پایه دارند. بعضی روی پایه حلقه ای را ایجاد می کنند. حلقه یا طوقه، بقایای غشایی است که از کلاهک تا پایه ادامه داشته و با گسترش کلاهک، گسیخته شده است. بعضی قارچهای چتری مانند قارچ معروف به «فرشتهٔ مرگ» علاوه بر حلقه در قاعده نیز دارای فنجان برجسته ای بنام وُلوا می باشند (شکل ۲۱-۱۸). تیغه های گوشتی ظریفی زیر کلاهک از پایه به صورت شعاعی قرار دارند. بررسی میکروسکپی ساختمان یک تیغه هیفهای در هم بافته ای را نشان می دهد. بازیدیهای بی شماری در سطح تیغه با زوایای مشخّصی نسبت به سطوح پهنِ تیغه تولید می شوند.

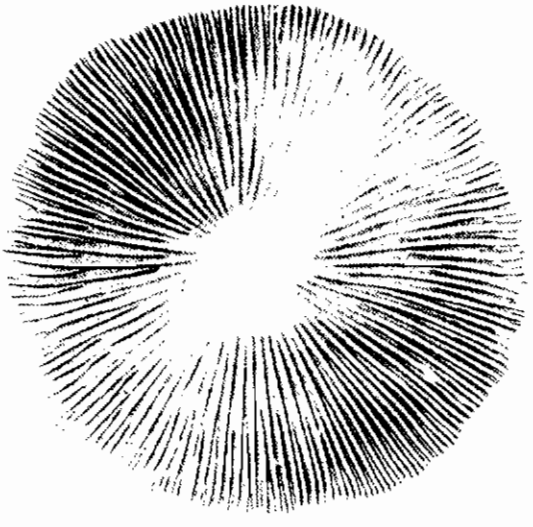
هنگامی که بازیدی بالغ می شود، ۲ هسته ترکیب شده و سپس تقسیم میوز انجام می شود. چهار هسته (گاهی ۲ هسته) حاصل میوز وارد برجستگیهای میخ مانند کوچکی در رأس بازیدیوم شده و تبدیل به بازیدیوسپور می شوند. در اطراف هسته ها دیواره تشکیل می گردد. میخهای کوچک بنام استریگما، به عنوان پایه برای بازیدیوسپورها عمل می کنند. یک قارچ چتری بزرگ ممکن است در مدّت چند روز تولید چند میلیارد بازیدیوسپور بکند. اینها بشدّت در فضای بین تیغه ها رها می شوند، و با ملایمترین نسیم پراکنده می گردند.

اگر یک پایه قارچ چتری را جدا نموده، و کلاهک را از جهت تیغه ها روی یک صفحهٔ کاغذ قرار دهید و با یک ظرف آن را بپوشانید تا جریان هوا دخالتی نداشته باشد، هاگها پایین ریخته و به کاغذ می چسبند بطوری که نمایی از طرح تیغه ها را نشان می دهند. ظرف و کلاهک می توانند پس از یک روز برداشته شوند. چاپ اسپوری (شکل ۲۲-۱۸) با قرار دادن مقدار کمی لاك و الکل دایمی می شود. قارچ شناسان حرفه ای از چنین چاپهای اسپوری با به کار بردن کاغذ سفید برای اسپورهای سیاه و کاغذ سیاه برای اسپورهای سفید و رنگ روشن، به منظور شناسایی استفاده می کنند.



شکل ۲۰-۱۸ چرخهٔ زندگی یك قارچ چتری معمولی.

شکل ۲۱-۱۸ یك قارچ فرشتهٔ مرگ (Amanita). به‌ولوای تخم‌مرغی شکل در پایه توجّه نمایید.



شکل ۲۲-۱۸ یك چاپ اسپوری

در طبیعت بعضی بازیدیوسپورها نهایةً دورهٔ تولید مثل را تکرار می کنند. غالباً یک میسلیوم دیکاریوتیک در یک دایرهٔ در حال توسعه به صورت شعاعی رشد کرده و متناوباً تولید بازیدیوکارپهایی را به صورت چرخ و فلک می کند. اگر شرایط مطلوب باشد میسلیوم در حاشیه ها برای مدّت چندین سال به رشد خود ادامه می دهد، در حالی که در مرکز هنگامی که منابع غذایی تهی می شوند، میسلیوم می میرد. دیده شده است که بعضی میسلیومها به این طریق تا بیش از ۵۰۰ سال رشد می کنند.

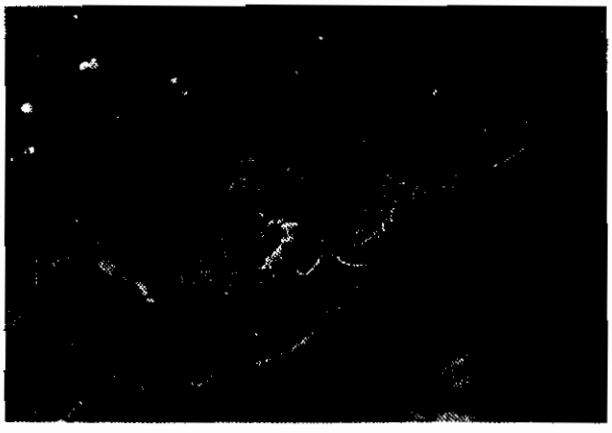
بعضی از قارچهای چتری به جای تیغه، هاگهای خود را در سطح هزاران منفذ ظریف تولید می کنند (شکل ۲۳-۱۸).

شکل ۲۳-۱۸ بولیتها (Boletes) قارچهایی که به‌جای تیغه در زیر کلاه روزنه دارند.

قارچهای تخت یا طاقچه‌ای (شکل ۲۴-۱۸) به صورت افقی از تنهٔ درختان و چوبهای مرده به سمت خارج رشد می کنند. بعضی از آنها سالانه یک لایهٔ جدید تشکیل می دهند. گونه های چند ساله به حدّ کافی بزرگ شده و طوری به درخت متّصلند که قادرند به راحتی وزن قارچ بالغ بزرگی را تحمّل نمایند.

اعضای دیگر این رده، تولید هاگهایی را درون غشاهای نازك ورقه‌ای می کنند و تشکیل بازیدیوکارپ توپی شکل بنام توپ پوفی را می دهند. توپهای پوفی عموماً خوراکی بوده و قطر آنها از چند میلیمتر تا ۱/۵ متر تغییر می کند (شکل ۲۵-۱۸). توپهای پوفی بدون پایه بوده و

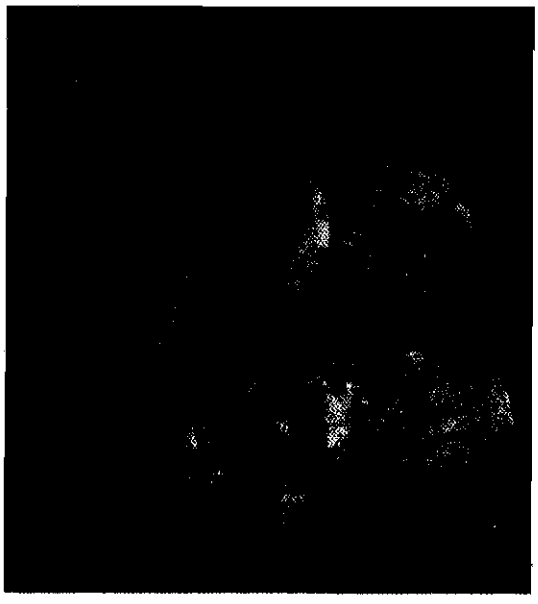
در تماس با زمین باقی می مانند. در واقع تریلیونها هاگ به وسیلهٔ یک توپ پوفی بزرگ تولید می شود. هاگها از میان منفذی در بالا و یا از طریق محلهای تصادفی هنگامی که غشای خارجی پاره می شود رها می گردند.



شکل ۲۴-۱۸ قارچهای تخت یا طاقچه‌ای

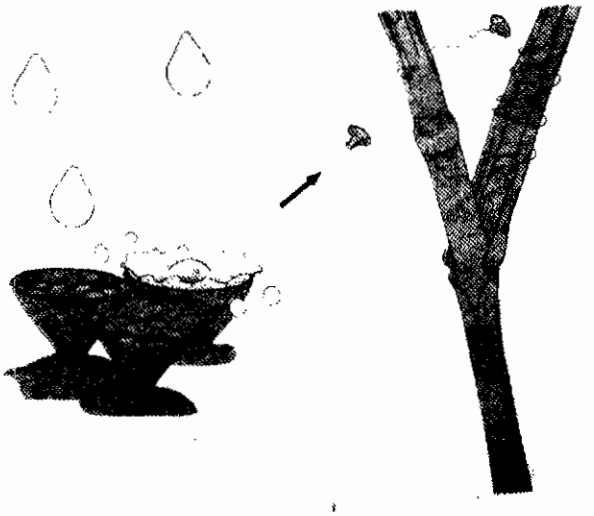
شکل ۲۵-۱۸ توپ پفی غول‌پیکر. بزرگترین آنها ۶/۱۲ کیلوگرم وزن داشت

قارچهای آشیانهٔ پرنده (شکل ۲۶-۱۸) که روی چوب یا کودهای کشاورزی رشد می کنند، از حفره های آشیانه مانندی که در آنها تخمهای محتوی بازیدیوسپورها تولید می شوند، تشکیل می گردند. در بعضی گونه ها هر تخم دارای یک رشتهٔ چسبناك متّصل به آن می باشد. هنگامی که قطرات باران در آشیانه ها می افتد، تخمها به هوا پرواز نموده و به وسیلهٔ رشته های چسبناك به گیاهان نزدیک متّصل می شوند (شکل ۲۷-۱۸). هنگامی که جانوران از گیاه تغذیه می کنند هاگها که ضرری هم برای آنها ندارند از درون معده و رودهٔ آنها عبور می کنند.

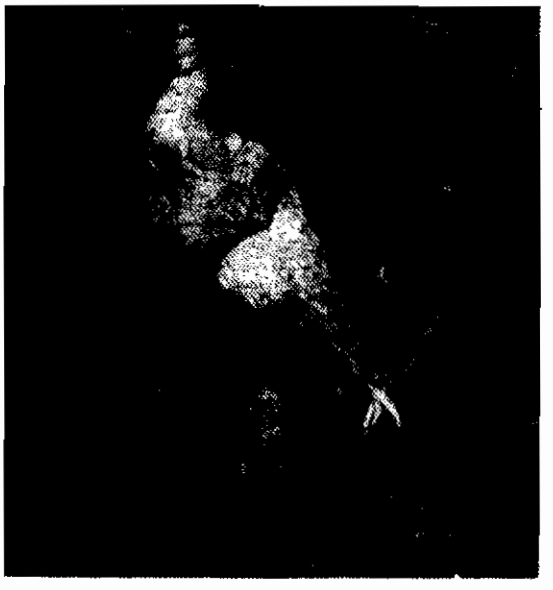


شکل ۲۶-۱۸ قارچ آشیانهٔ پرنده

سیاهکها قارچهای چوگانی انگلی هستند که بطور قابل ملاحظه ای به ذرّت، گندم، و دیگر غلّات خسارت می رسانند. در سیاهک ذرّت (شکل ۲۸-۱۸) میسلیوم بین سلّولهای میزبان رشد کرده و از سلّولهای میزبان موادّ غذایی جذب می کنند. آنها موادّی را ترشّح می کنند که تقسیم و بزرگ شدن سلّول را تحریک می کند و باعث تشکیل تومور در سطح دانه های ذرّت می شوند. تومورها سرانجام ترکیده، میلیونها هاگ سیاه دودی ظاهر می کند که به وسیلهٔ باد پراکنده می شوند. بعضی سیاهکها فقط به نوك گلدار و دانه های گیاه صدمه می زنند در حالی که بقیّه تمام گیاه را آلوده می کنند.



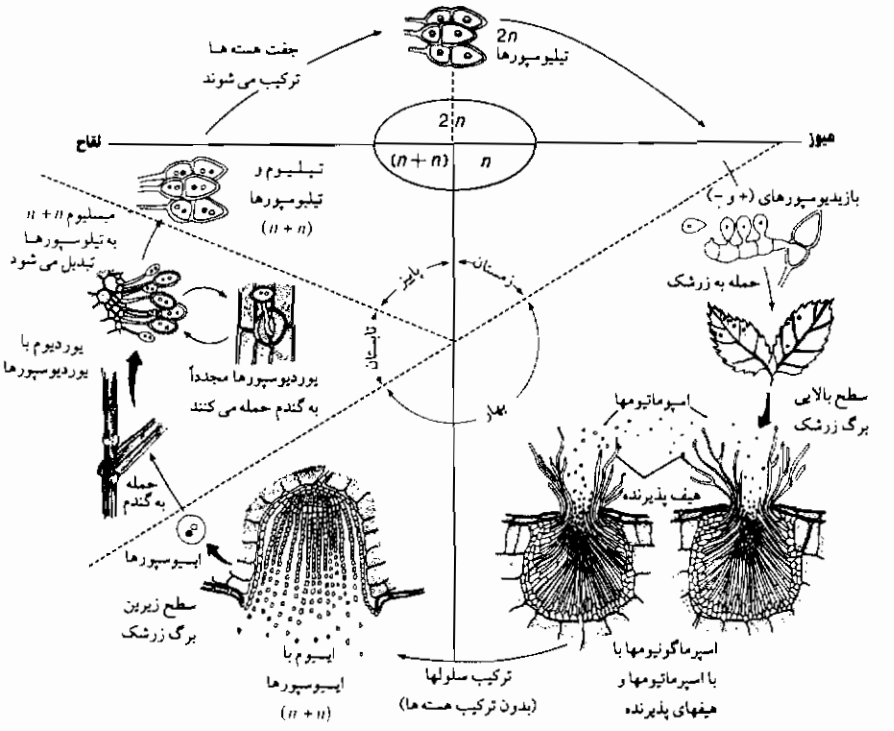
شکل ۲۷-۱۸ چگونه تخمهای قارچ آشیانهٔ پرنده پخش می‌شوند ؟



شکل ۲۸-۱۸ سیاهک ذرّت روی یک بلال ذرّت

زنگها که همچنین انگل می باشند، به نمونه های متعدّدی از گیاهان حمله ور می شوند. بعضی زنگها فقط روی یک گونه از گیاهان گلدار یا مخروط دار رشد کرده و تولیدمثل می کنند لیکن بقیّه به ۲ میزبان یا بیشتر برای تکمیل چرخهٔ زندگی خود نیاز دارند. زنگ سیاه ساقهٔ گندم که تنها در یک سال در ایالات متّحده میلیونها تن گندم را از بین برد از هزاران سال قبل و از ابتدایی که گندم کشت شد به کشاورزان زیان وارد نموده است. تاکنون بیش از ۳۰۰ نژاد از زنگ سیاه ساقهٔ گندم شناخته شده است. این زنگ برای تکمیل دورهٔ زندگی خود به گیاه زرشک معمولی و گندم نیاز دارد (شکل ۲۹-۱۸). چون برای زنگ سیاه ساقهٔ گندم دو میزبان لازم است، مبارزه با بیماری می تواند با ریشه کن کردن بوته های زرشک صورت پذیرد. در تلاش برای نابودی این بیماری حدود ۶۰۰ میلیون گیاه زرشک از سال ۱۹۱۸ تاکنون در ایالات متّحده ریشه کن شده است، ولی ثابت گردیده که محال است تمام گونه های زنگ را حذف نمود. تولید نژادهای مقاوم به زنگ گندم کمک مؤثّری به کنترل آن نموده است. لیکن حتّی زمانی که نژادهای جدید گندم رشد می کنند، زنگها نیز هیبریدهای جدیدی تولید می نمایند (فصل ۱۳ و ۱۴). نژادهایی که قادر به حمله به واریته های چاوداری که قبلاً ایمن بوده اند، نشانگر یک مثال بارز در تکامل آنهاست.

زنگ دیگر دو میزبانه زنگ کاج است که سبب خسارات زیادی به درختان الوار گران قیمت شرق و غرب ایالات متّحده شده است. بازیدیوسپورها به درختان کاج حمله کرده و در زمان رویش نوع دیگری از هاگ را تولید می کنند. این هاگها بوته ای انگور فرنگی را آلوده کرده و نهایةً تولید بازیدیوسپورهای جدید را می کنند و بدین صورت دورهٔ زندگی آن کامل می شود. سرویس دولتی جنگل بانی آمریکا برنامه ای برای ریشه کن کردن بوته های انگور فرنگی طیّ چندین سال داشته است، ولی تنها بخشی از این برنامه مفید بوده است. درختان مقاوم به زنگ نیز به عنوان مبارزهٔ دیگر، انتخاب و پرورش داده شده اند. زنگهای دو میزبانه دیگر شامل زنگ سیب (میزبان دیگر : درخت سرو)، لکّهٔ برگ سپیدار (میزبان دیگر : کاج سیاه) و زنگ ذرّت (میزبان دیگر : ترشک) می باشند.



شکل ۲۹-۱۸ چرخهٔ زندگی زنگ گندم

انسان و روابط اکولوژیکی قارچهای چوگانی

از تقریباً ۲۵۰۰۰ گونهٔ شرح داده شدهٔ قارچهای چوگانی، کمتر از ۷۵ گونه شناخته شدهٔ سمّی هستند. ولی تعدادی از قارچهای سمّی متداولند و بسادگی به وسیلهٔ اشخاص غیرحرفه‌ای از گونه های قارچهای خوراکی تشخیص داده نمی شوند. همچنین بعضی از انواع قارچهای خوراکی مانند قارچهای مرکّبی و قارچهای یال کرکی که به تنهایی سمّی نیستند ممکن است در اثر مصرف به همراه مشروبات الکلی انسان را بسختی بیمار کنند. تعداد اندکی از انواع سمّی، کُشنده هستند، ولی متأسّفانه بعضی مانند فرشتهٔ مرگ که عامل ۹۰ درصد مرگهای ناشی از قارچهای سمّی است نسبةً متداول است. سمّیت فرشتهٔ مرگ و گونه های مشابه معمولاً از ۶ تا ۲۴ ساعت طول می کشد تا خود را ظاهر کند. تا چند سال قبل درمانهای موفّقیت آمیزی غیرممکن بود و دل دردهای شدید، تیرگی بینایی، استفراغهای شدید و علائم

دیگر ایجاد می شد.

در حال حاضر با استفاده از داروی اسید تیوکتیک، به زنده ماندن قربانیهای قارچهای سمّی امید است. ولی اسید تیوکتیک همیشه از مرگ جلوگیری نمی کند و قارچ سمّی و دارو هر دو بیمار را مبتلا به هیپوگلیسمی (کاهش قند خون) می کنند. بعضی دوستداران قارچ قسمتی از قارچهایی را که جمع آوری کرده بودند به سگ یا گربه می دادند و بعد از یک یا دو ساعت اگر اتّفاقی برای جانوران نمی افتاد خودشان قارچ را مصرف می کردند ولی گاهی بعداً آنها به همراه حیواناتشان از بین می رفتند. دیگران به اشتباه عقیده داشتند که مواد سمّی به وسیلهٔ پختن تجزیه می شود. ولی شواهد نشان می دهد که قبل از کشف اسید تیوکتیک به عنوان ضدّسمّ ۵۰ تا ۹۰ درصد افرادی که فقط یک یا دو قارچ کُشنده را چه به صورت پخته یا خام مصرف می کردند دچار مرگ می شدند. حتّی به مقدار یک سانتیمتر مکعّب آن می تواند کُشنده باشد.

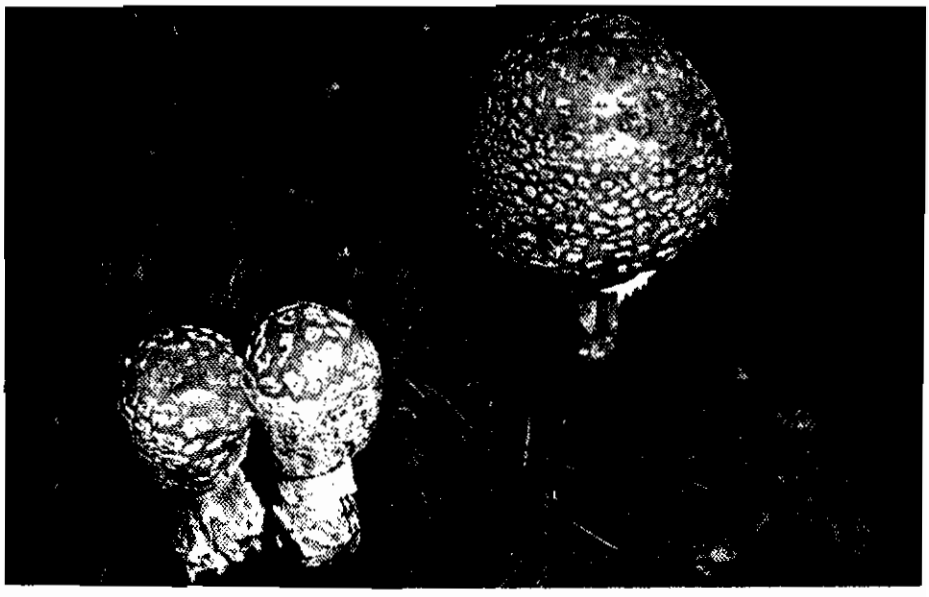
عقاید عمومی ولی غیرقابل اعتمادی در ارتباط با تشخیص بین قارچهای خوراکی و سمّی وجود دارد. یکی این که اگر یک سکّهٔ نقرهٔ در ظرف پخت قارچ قرار داده شود، اگر هرگونه سمّی موجود باشد سکّه به رنگ سیاه تبدیل می شود. ولی بعضی از اعضای گونه های سمّی و خوراکی سکّه را سیاه کرده و بعضی رنگ آن را تغییر نمی دهند. یک باور خرافاتی دیگر این است که پوست گونه های خوراکی بسادگی کنده می شود در حالی که پوست قارچهای سمّی کنده نمی شود. این نیز یک عقیدهٔ نادرست است؛ چه، در مورد قارچ فرشتهٔ مرگ، پوست آن بسادگی کنده می شود. عقاید نادرست دیگری نیز وجود دارد مثل این که قارچهای سمّی فقط در پاییز و اوایل بهار می رویند، و یا این که قارچهایی که به وسیلهٔ حلزونها و سوسکها خورده می شوند خوراکی هستند، یا این که همهٔ قارچهای ارغوانی سمّی هستند، یا هر قارچی که در سبزه زار رشد کند خوراکی است. هیچ کدام از این اعتقادات به صورت علمی تأیید نشده است. قارچهای وحشی تنها هنگامی می توانند با اطمینان مصرف شوند که به وسیلهٔ شخص مطّلع شناسایی شده باشند، در غیر این صورت مصرف آنها دیوانگی است.

بعضی از قارچهای سمّی در کسانی که آنها را مصرف کنند سبب مالیخولیا می شود. طیّ تمدّن مایانها در آمریکای مرکزی تعدادی از قارچها مقدّس و «گوشت خدایان» محسوب می شدند و در مراسم مذهبی مورد استفاده قرار می گرفتند. مصرف این قارچها در حال حاضر

نیز در میان گروههای بومی مکزیک و آمریکای مرکزی ادامه دارد و باعث روشنایی و دید بهتر چشم می شوند.

شکل ۳۰-۱۸ قارچ چتری کونوسیب (Conocybe sp.)

استفاده مشابه و قابل توجّه از قارچ آگاریک مگسی (شکل ۳۱-۱۸) در روسیه و زمانی در درهٔ انیدوس هندوستان که تاریخ آن به چندین قرن قبل از میلاد بر می گردد، در مصرف کنندگان ایجاد یک نوع مستی می کند. گویا در نروژ افرادی پس از مصرف آن در تابستانها گاهی حالت غشی و رفتارهای استثنایی و خشن نشان می دادند. گونه های وابسته به آن که در ایالات متّحده وجود دارند چنین آثاری را ایجاد ننموده اند، ولی در عوض بی حس شده و حالت تهوّع به آنها دست داده است. در سیبری مصرف کنندگان متوجّه شده اند که عامل مسموم کننده ازطریق ادرار دفع می شود و بعضی افراد عادت به نوشیدن ادرار اشخاص کرده اند که قارچ آگاریک مگسی را مصرف نموده اند. تصادفاً بعضی از گوزنهای سیبری، به خوردن آگاریک مگسی و ادرار انسانهای مصرف کننده، معتاد شده اند.



شکل ۳۱-۱۸ قارچهای آگاریك مگسی (Amanita muscaria)

بیش از ۹۰ درصد قارچ را آب تشکیل می دهد. قارچها عموماً دارای مقادیر کمی موادّ غذایی باارزش هستند. یک استثنا در مورد قارچ افسانه ای سیاه جنگلی وجود دارد که قرنهاست روی تنهٔ درخت بلوط در چین و ژاپن کشت می شده و اکنون نیز در شمال غربی ایالات متّحده کشت می شود. این قارچ بیش از دو برابر پروتئین قارچهای تجارتی را داراست و از موادّ معدنی کلسیم، فسفر و آهن غنی می باشد. همچنین دارای مقادیر قابل توجّهی از ویتامینهای B، ویتامین D_2 (ارگوسترول) و ویتامین C می باشد و طعم مطبوعی دارد. خانواده های سلطنتی چین باستان براین باور بودند که مصرف قارچهای جنگلی سیاه باعث سلامتی است و دوران پیری را به تعویق می اندازد. ظاهراً بعضی دلایل براین عقیده وجود دارند. بطوری که پژوهشهای اخیر نشان می دهند قارچهای چتری بطور کلّی ممکن است یکی از غنیترین منابع RNA باشند که به واسطهٔ تبدیل متابولیکی آن به ATP مرحلهٔ پیری سلّولها را عقب اندازند.

لنتیناسین، یک عامل کاهش سطح کلسترل انسان از قارچهای سیاه جنگلی به دست می آید. نشان داده شده است که عصارهٔ خالص شده هاگهای قارچ فعّالیت

ضدّ ویروسی در برابر ویروس آنفلوانزا و ویروس فلج اطفال دارد. ظاهراً عصاره قارچ تولید اینترفرون (فصل ۱۷) را که یک مادّهٔ ضدّ ویروس است و به وسیلهٔ سلّولهای جانوران تولید می شود، تحریک می کند.

بسیاری از انواع قارچها از زمانهای قدیم به منظور تغذیه کشت شده اند. در قرن دوم قبل از میلاد، یک پزشک یونانی بنام نیکاندروز به مردم آموخت که چگونه می توان قارچها را زیر درختان انجیر روی خاکهای آمیخته با کود حیوانی کشت داد. اندره سزالپینو گیاه شناس و پزشک برجستهٔ ایتالیایی در قرن شانزدهم میلادی قارچها را به وسیلهٔ انباشته کردن پوست سپیدار پودر شده در روی خاك غنی نزدیک درختان سپیدار کشت کرد. اخیراً ایتالیاییها قارچها را بر روی موادّ زاید زیتونها، زمینهای قهوه، بقایای برگهای بلوط بعد از این که تانن برای استفاده در تهیّهٔ چرم از آنها استخراج می شود کشت داده اند. امروزه قارچهای ژله ای و قارچهای چتری گوناگونی در خاور دور روی محیط کشت شامل چوب و کمپوست کشت داده می شوند.

در ژنو (سویس) یک بازار مخصوص برای قارچهای وحشی وجود دارد که در آن جا بیش از ۵۰ گونه از آنها تحت نظارت یک قارچ شناس دولت فروخته می شود. در ایالات متّحده اگرچه قارچهای وحشی به وسیلهٔ عدّه ای مصرف می شوند ولی تعداد کمی از آنها در فروشگاهها به فروش می رسد و فقط یک گونه از قارچ چتری آگاریکوس (*Agaricus bisporus*) به صورت گسترده کشت می شود. این قارچ را می توان در زیرزمینها، غارها، و معادن متروکه کشت داد، ولی برخلاف تصوّر عمومی نور در رشد آن به هیچ وجه اثر نمی گذارد.

برای رشد قارچها به صورت انبوه عموماً از انبارهای فاقد پنجره با قرار دادن ردیفهایی از بسترهای کم عمق کشت استفاده می شود. زیرا دما، رطوبت، و فاکتورهای محیطی دیگر در چنین ساختمانهایی بسادگی کنترل می شود (شکل ۳۲-۱۸). قارچها روی کمپوست تهیّه شده از کاه و کود اسب یا طیور رشد می کنند. کمپوست قبل از استفاده به مدّت یک هفته برای نابودی میکروارگانیسمها و قارچهای غیرضرور و حشرات و تخم آنها پاستوریزه می شود. سپس کمپوست با اسپان که میسلیوم متراکم است و از رویش بازیدیوسپورها روی پوست (شلتوك) گندم یا غلّات دیگر به دست آمده تلقیح می شود. بعد از تلقیح بستر به وسیلهٔ لایهٔ نازکی از خاك پوشیده می شود. کمپوست با آبیاری کم و دایمی در ۷۵ درصد رطوبت کنترل می شود.

میسلیوم در محدودهٔ دمای بالای نقطهٔ انجماد و تا ۳۳ درجهٔ سانتیگراد رشد می کند، ولی در صنعت نگهداری حرارت بین ۹ و ۱۳ درجهٔ سانتیگراد است، زیرا قارچها در این دما کمتر تحت تأثیر بیماریها یا حملهٔ حشرات قرار می گیرند، به علاوه هنگامی که در شرایط سرد رشد می کنند پایدارتر می مانند. دکمه های قارچ در یک هفته تا ده روز بعد از کاشت اسپان ظاهر شده و تا ۶ ماه یا بیشتر به بالا آمدن ادامه می دهند. حدود یک کیلوگرم قارچ از هر ۱۰ دسیمتر مربّع در ناحیهٔ کِشت به دست می آید. در ایالات متّحده سالانه حدود ۵۹٫۰۰۰ تن قارچ تولید می شود.

بطوری که در مقدّمهٔ فصل نشان داده شد قارچهای تمام شاخه ها و رده ها به همراه باکتریها، مهمترین ارگانیسمها در رابطه با بازیابی در چرخه های طبیعی هستند. قارچها بطور دایمی چوب مرده و زباله ها را تجزیه کرده و ترکیبات را به خاك باز گردانیده و در آن جا مجدّداً این ترکیبات وارد چرخهٔ طبیعی می شوند. گاهی البتّه تا آن جا که مشاهده شده می توانند موجودات مخرّبی باشند. هرچیزی را از گیاهان زنده و محصولات و فرآورده های غذایی گرفته تا چرم کفش، کاغذ، لباس، الوار ساختمانی، رنگ، محصولات نفتی، لوازم منزل، حتّی شیشه ها را بویژه در هوای گرم مورد حمله قرار می دهند.

شکل ۳۲-۱۸ بسترهای قارچی در یك مزرعهٔ قارچ صنعتی.

ردهٔ دوتروميستها (Deuteromycetes) : قارچهای ناقص

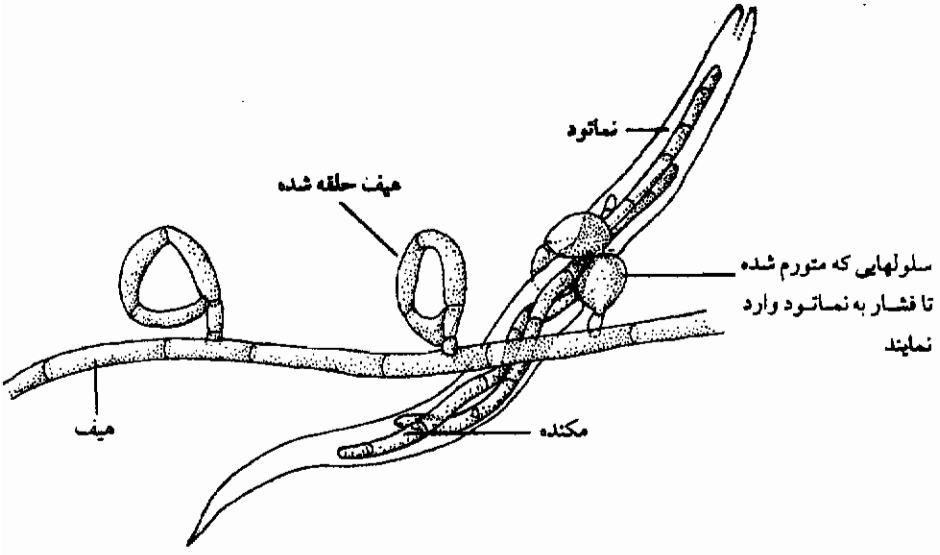
هر قارچی که در آن تولید مثل جنسی مشاهده نشده است به عنوان یک قارچ ناقص رده بندی می شود. تعدادی از قارچها بدون ارتباط خویشاوندی با یکدیگر در این ردهٔ مصنوعی طبقه بندی می شوند. این رده شامل چندین موجود بیماری زای معروف و همچنین قارچهایی است که ازنظر کنترل بیماریها و محصولات غذایی اهمّیت دارند. اگر یک عضو این گروه بیشتر بررسی شده و در آن تولید مثل جنسی کشف شود در ردهٔ مناسب به خود قرار داده می شود.

تمام قارچهای ناقص به وسیلهٔ کونیدی تولید مثل می کنند. در این گروه قارچهایی قرار دارند که روی برگها و زباله های ته آبهای روان می رویند. در این نوع قارچها هاگها دارای چهار بازو می باشند. این بازوها به طریقی قرار دارند که ۳تای آنها به صورت سه پایه روی سطح صاف قرار گرفته و مانع بردن قارچ به وسیلهٔ آب می شوند.

یک گروه جالب از این قارچها به طرق مختلف انگل پروتوزواها هستند بعضی تولید یک جسم غیرمنشعب درون طعمهٔ خود کرده و به آرامی موادّ غذایی را جذب می کنند تا زمانی که میزبان بمیرد. آنها سپس یک ردیف از هاگها را که ممکن است به طعمهٔ دیگر چسبیده و یا به وسیلهٔ آن خورده شوند تولید می کنند. قارچهای دیگری صید خود را به وسیلهٔ هیفهای چسبناکی به دست می آورند که آمیبها را به دام می اندازند. یک گروه خاك زی از این قارچها نماتودها را در حلقه ها یا گرههای هیف خود به دام می اندازند. در بعضی از آنها حلقه ها کمی کوچکتر از کلفتی نماتود که در دو انتها باریک است می باشند. هنگامی که نماتود تصادفاً سرش در میان چنین حلقه ای می چسبد به جای این که به عقب برگردد و خارج شود به سمت جلو سعی و تلاش می کند و بدین صورت به دام می افتد (شکل ۳۳-۱۸). قارچ سپس تولید یک برآمدگی شبیه ریزوئید بنام مکنده می کند که در بدن نماتود رشد کرده و آن را مورد تغذیه قرار می دهد.

بیشتر گونه های تخصیص یافته قارچهای تله شکار نماتود، حلقه هایی را دارند که کمتر از یک دهم ثانیه بعد از تماس در اطراف نماتود منقبض می شوند. حلقه ها فاصلهٔ کمی از هم دارند بطوری که بعضی اوقات در حالی که کرم به تله افتاده و تقلّا می کند که از سر رها شود دُم آن در حلقهٔ دوم گیر می افتد. تعدادی از این قارچها بسادگی در محیط

گشت آگسار رشد می کنند لیکن تشکیل حلقه نمی دهند مگر این که یک نماتود به ظرف محیط کشت اضافه شود. نماتود ظاهراً تولید مادّه ای می کند که محرّکی برای ایجاد حلقه می باشد.

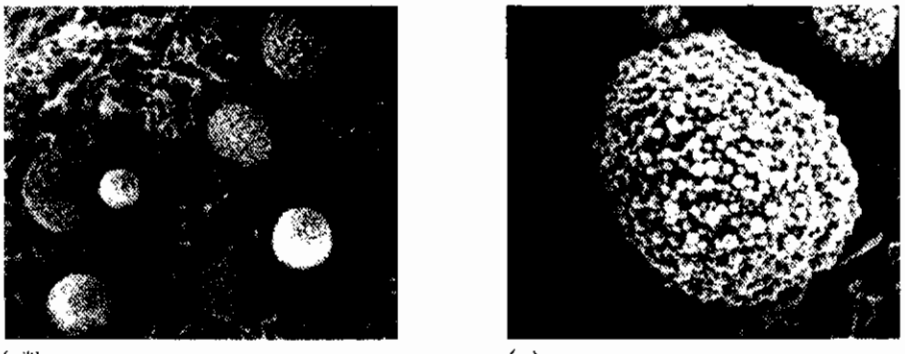


شکل ۳۳-۱۸ یک قارچ تله شکار نماتود همراه با طعمه‌اش.

چندین گونه قارچ ناقص در آشیانهٔ مورچه ها و موریانه ها دیده شده اند. این حشرات، آنها را روی قطعات برگ، بقایای گیاهی دیگر، مدفوع کرمها و خودشان که محیط غنی می شود کشت می دهند (شکل ۳۴-۱۸). هیفها را می لیسند و مرتّب آنها را بررسی نموده و هنگامی که رشد کردند به منظور تغذیه استفاده می کنند.

بعضی از سوسکهای چوب خوار (ساقه خوار) کیسه هایی در بدنشان دارند که در آنها هاگهای قارچ را نگاهداری می نمایند. هاگها در سوراخهای چوب رویش می کنند و میسلیومهایی تولید می نمایند که سلّولهای مخمّری مانند می سازند که مورد تغذیهٔ سوسکها و لاروهای آنها قرار می گیرند. تعدادی گیاهان تکامل یافته دارای قارچهای میکوریز (فصل ۶) در ارتباط با ریشهٔ خود هستند. این قارچها سطح

جذب ریشه را بسیار افزایش می دهند و ممکن است برای ریشه های بالغ از تارهای کشنده مهمتر باشند.



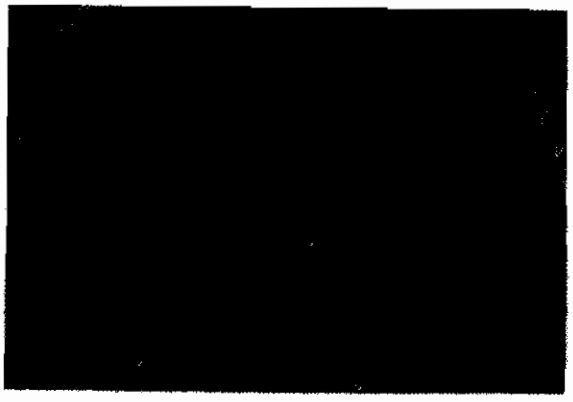
(الف) (ب)

شکل ۳۴-۱۸ قارچها در باغ قارچی موریانه‌ها. الف ـ ساختمانهای بارز کونیدی‌فور هستند. ب ـ یك کونیدی‌فور بزرگ شده با تعداد بی‌شماری کونیدی در سطح آن.

انسان و روابط اکولوژیکی قارچهای ناقص

شناخته شده‌ترین قارچهای ناقص، کپکهای پنی سیلیوم (شکل ۳۵-۱۸) هستند که تولید پنی سیلین مشهورترین و همگانیترین آنتی بیوتیک می کنند. این مادّه‌ای است که به وسیلهٔ موجود زنده‌ای تولید شده و در متابولیسم موجود زنده دیگری دخالت می کند. فلمینگ دانشمند انگلیسی در سال ۱۹۲۹ متوجّه شد که بعضی از باکتریها در مجاورت میسلیوم کپک پنی سیلیوم رشد نمی کنند. به مادّه‌ای که در کپک موجود است و از رشد باکتری جلوگیری می کند نام پنی سیلین داد.

فلمینگ ظاهراً ارزش کشف خود را بخوبی درك نکرد و چندان هیجانی را در جامعهٔ پزشکی به وجود نیاورد تا ۱۰ سال بعد که جنگ جهانی دوم شروع شد. در آن زمان گروهی از دانشمندان انگلیسی و آمریکایی در آزمایشگاههای پوریا در ایالت ایلی نوی آمریکا شروع به فعّالیت کردند با هدف این که بتوانند کپک پنی سیلیوم را وادار کنند تا مادّهٔ آنتی بیوتیک را بیشتر تولید کند، زیرا قربانیهای جنگ نیاز مبرمی به داروهای مؤثّر و ضدّعفونی کنندهٔ زخمهایشان داشتند.



شکل ۳۵-۱۸ کلنیهای پنی‌سیلیوم. قطرات کوچك مایع در سطح کلنی محتوی پنی‌سیلین می‌باشند.

دانشمندان از کپک اوّلیه که به وسیلهٔ فلمینگ کشت شده بود شروع کردند، لیکن مقادیر پنی سیلین تولید شده خیلی کم بود، بطوری که برای به دست آوردن مقادیر بالا هزینهٔ سنگینی را در بر داشت. این دانشمندان به مردم روی آوردند و از آنها خواستند که هر موادّی را که روی آن کپک سبز و آبی رشد کرده بفرستند. بدین صورت آنها مقادیر بسیار زیادی از کپکها را از سراسر ایالات متّحده دریافت نمودند.

در هر صورت پیشرفت قابل ملاحظه در تحقیقات این دانشمندان هنگامی حاصل شد که یک گونهٔ پنی سیلیوم را که روی یک طالبی در بازار محلّه رشد کرده بود یافتند که در محیط کشت ۲۵ برابر پنی سیلین تولید می کرد. آنها روی رویش تک تک هاگهای این کپک در محیط کشت کار کردند و به وسیلهٔ گزینشهای دقیقی سرانجام موفّق شدند یک نژاد به دست بیاورند که بیش از ۸۰ برابر مقدار پنی سیلین اوّلیه را ایجاد می کرد. بعداً هنگامی که این نژاد در معرض پرتو X قرار داده می شد، نژادهای دیگری تولید گردید که پنی سیلین مستخرجه از آنها تا ۲۲۵ برابر مقدار پنی سیلین کپک فلمینگ بود. امروزه اکثر پنی سیلین تولید شده در دنیا از نسلهای همان کپک طالبی کپک زده هستند. صدها آنتی بیوتیک مؤثّر دیگر در مبارزه با بیماریهای انسان و حیوان از پایان جنگ جهانی دوم تاکنون کشف شده و تولید این داروها یک صنعت جهانی وسیعی را تشکیل داده است.

کپکهای پنی سیلیوم همچنین برای اهداف دیگری غیر از تولید پنی سیلین مفید می باشند.

بعضی از این کپکها در شیر گاو، گوسفند، و بز، در مراحلی از تولید وارد شده و پنیرهای خوشبویی نظیر پنیرهای آبی (شکل ۳۶-۱۸)، کاممبرت، راکفورت، گورگونزولا و استیلتون تولید می کنند. کپک ایجاد آنزیمهایی می کند که پروتئینها و چربیها را در شیر تجزیه می کنند و پنیرهایی با طعم ویژه تولید می شود.

شکل ۳۶-۱۸ پنیر آبی

از اوایل دههٔ ۱۹۸۰ پیوند اندامها که با کشف یک داروی اعجاب آور بنام سیکلوسپورین که از یک قارچ ناقص خاك زی ایجاد می شود بسیار آسانتر شده است. این دارو واکنشهای ایمنی که باعث رد اندامهای پیوند زده شده می گردد بدون خطر ابتلا به لوسمی که آثار جانبی ناخوشایند داروهای دیگر بوده است، مهار می نماید.

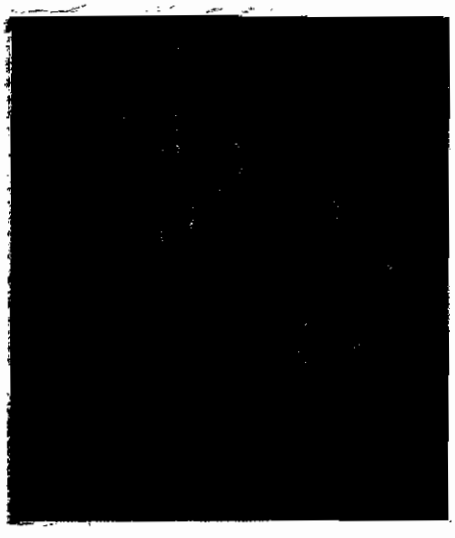
آسپرژیلوس جنس دیگری از قارچهای ناقص است که گونه های آن، تولید اسپورهای قهوه ای تیره تا قهوه ای و زرد را می کنند. آسپرژیلوس ارتباط نزدیکی با کپکهای پنی سیلیوم دارد و بطور وسیعی در صنعت کاربرد دارد. یک یا بیشتر گونه های آن به صورت تجاری جهت تولید اسید سیتریک از قند مورد استفاده قرار می گیرند. اسید سیتریک مادّه‌ای است که جهت چاشنی مواد غذایی و تولید نمکهای گازداری را می کند که ابتدا از پرتغال به دست می آمد. اسید سیتریک همچنین در صنعت مرکّب سازی و داروسازی و حتّی در بعضی از آدامسها استفاده می شود.

یک گونهٔ آسپرژیلوس در شرق ایالات متّحده و یا جاهای دیگر در تولید سوس سویا ازطریق تخمیر لوبیای سویا مورد استفاده قرار می گیرد. یک خوراك ژاپنی بنام میزو توسّط

تخمیر لوبیای سویا، نمک، و برنج با قارچهای مشابهی تهیه می شود. در ژاپن سالانه بیش از نیم میلیون تن میزو مصرف می گردد.

قارچهای آسپرژیلوس همچنین تولید اسید گالیک می کنند که در چاپ عکس، رنگها، و جوهر سیاه ثابت استفاده می شوند. گونه های دیگر در تولید چاشنیها و موادّ عطری، کلرین، الکل و چندین اسید دیگر استفاده می گردند. استفاده های دیگر قارچ در صنعت پلاستیک، خمیردندان، صابون، و نقره کاری آینه می باشد.

تعدادی از بیماریهای انسان و حیوانات در نتیجهٔ گونه های مختلف آسپرژیلوس ایجاد می شود. یک بیماری بنام آسپرژیلوز در نتیجهٔ استنشاق هاگها به وجود می آید که به سیستم تنفّسی حمله می کنند. بیماریهای دیگر که به وسیلهٔ جنسهای مختلف قارچهای ناقص ایجاد می شوند عبارتند از: اتلیت فوت همچنین بیماری پیدرا (یک بیماری ملایم ریش و سبیل)، بیماریهای گرمسیری دست و پا گه سبب می گردد مفاصل به طور عجیبی متورّم شوند. یک بیماری جدّی بنام وگی فیوز (تب درّه) که اصولاً در مناطق خشکه تر جنوب غربی ایالات متّحده دیده شده معمولاً توسّط استنشاق گرد و غبار محتوی هاگهای یک قارچ ناقص تولید می شود که زخمهایی در سیستم تنفّسی و ریه ایجاد می کند. این بیماری گاهی در همه جای بدن گسترش یافته و ممکن است مرگ بیمار را سبب شود.



شکل ۳۷ـ۱۸ کرنیدی فورینی سیلیوم زیر میکروسکوپ. زنجیرهای کرنیدی در نوک انشعابات کرنیدیوفورها ایجاد شده است.

دو قارچ ناقص جهت مبارزات بیولوژیکی و آفات امیدبخش هستند. یکی قبلاً در حالی که موفّقیتهایی را در بر داشته است در کنترل حشرات فلس دار فلوریدا و مناطق گرم و مرطوب دیگر استفاده شده است. دیگری که شاید برای مبارزه با سنبل آبی که عامل مسدود کردن مسیر آبرههای گوناگون در نواحی آب و هوای ملایم و گرمسیری هستند استفاده می شود.

گلسنگها

یک دانشجو که علاقهٔ زیادی به رنگهای طبیعی داشت چند سال پیش نزد من آمد و خواست به عنوان یک پروژهٔ تحقیقاتی روی رنگهای گیاهی آزمایش کند. در مسیر آزمایشات خود رنگهای زیبایی ازجمله زرد، قهوه ای و سبز از گیاهان بومی با استفاده از روشهای ساده ای به دست آورد. در تابستان بعد او پروژه را توسعه داد و گلسنگهایی را که روی درختان و صخره های اردوگاهی که به عنوان مشاور در آن جا انجام وظیفه می کرد دربر گرفت. رنگهای فراوانی که از گلسنگها به دست آورد بسیار جالب بود که شاید تعجّبی نداشته باشد چون این موجودات در گذشته منبع اصلی تهیّهٔ رنگ بوده اند و اکنون نیز به میزان کمتری در رنگهای تجارتی استفاده می شوند.

گلسنگها ازنظر سنّت به عنوان نمونهٔ بارزی از رابطه، هم زیستی مطرح بوده اند. هر گلسنگ دارای یک قارچ و یک جلبک است که به صورت یک تودهٔ اسفنجی بنام تال عمیقاً با هم در ارتباطند. ضخامت تال بین یک میلیمتر تا بیش از ۲ متر تغییر می کند. جلبک موادّ غذایی را برای هر دو موجود تهیّه می کند در حالی که قارچ جلبک را در برابر شدّت نور حفاظت می نماید. قارچ تولید مادّه ای می کند که فتوسنتز را در جلبک تسریع می بخشد و همچنین آب و موادّ غذایی را برای هر دو جذب و حفظ می نماید. ولی شواهدی پیشنهاد می نماید که این مطلب که قارچ بطور کنترل شده ای انگل جلبک است صحیح می باشد زیرا در حقیقت بعضی نمونه ها سلّولهای جلبک را تخریب می کنند.

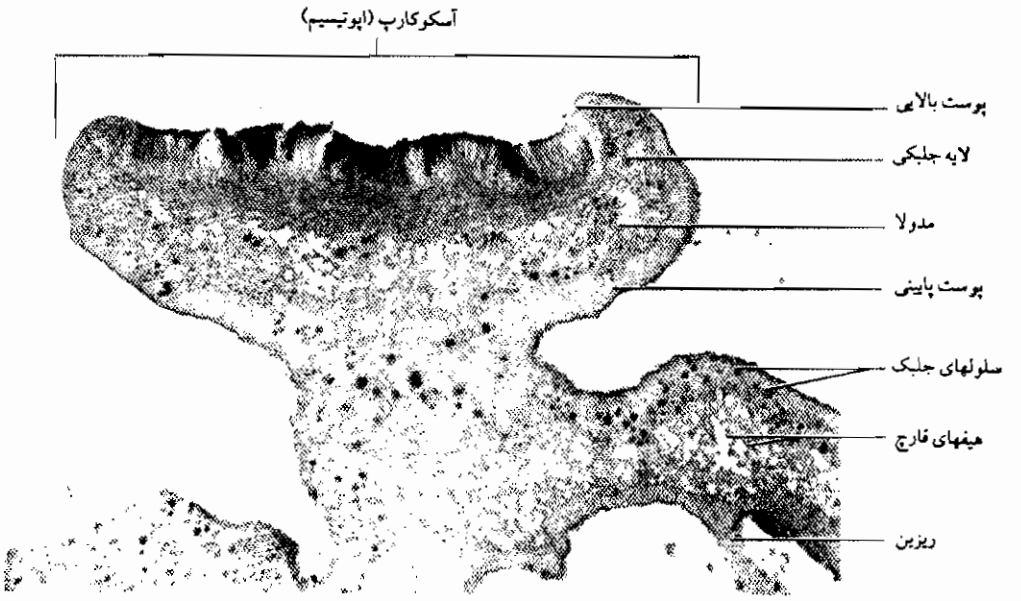
حدود ۲۵،۰۰۰ گونه گلسنگ شناخته شده است. جلبک همزیست یا جلبک سبز است و یا سیانوباکتر. تعدادی از گلسنگها دو گونه جلبک دارند. سه جنس جلبکهای سبز و یک جنس سیانوباکتر ۹۰ درصد تمام گونه های گلسنگها را تشکیل می دهند. یک گونه جلبک ممکن است در تعدادی از گلسنگها مشاهده شود، ولی هرگونه جلبک قارچ مخصوص به خود را دارد. بجز حدود ۲۰ گونهٔ استثنایی از گلسنگهای گرمسیری که یک قارچ چوگانی دارند و یک گونه (مربوط به درخت سرو) که دارای توده های باکتری است، کلّیهٔ گلسنگها به عنوان

بخش قارچی خود یک قارچ آسکومیست را دارا می باشند. امکان جداسازی و کشت اجزای گوناگون گلسنگها بطور جداگانه وجود دارد. البتّه وقتی که چنین عملی انجام می گیرد ساختمان قارچ تغییر می کند و متراکم شده و شکل نامشخّصی را پیدا می کند. جلبک سریعتر از هنگامی که بخشی از گلسنگ بوده است رشد می کند. بخش قارچی گلسنگ در طبیعت خیلی بندرت به صورت مستقل رشد می کند در حالی که بخش جلبکی ممکن است بتنهایی رشد کند. بنابراین، گونه های گلسنگ براساس نوع قارچ شناسایی می شوند.

رشد گلسنگها خیلی کُند صورت می گیرد، حدّاکثر یک سانتیمتر و حدّاقل کمتر از ۰/۱ میلیمتر در هر سال. گلسنگها تا ۴۵۰۰ سال یا بیشتر قادر به ادامهٔ حیات هستند. آنها قاردند شرایط محیطی را که بیشتر اشکال حیات را از بین می برد تحمّل کنند. آنها روی صخره های برهنه، در آفتاب سوزان، یا سرمای سخت بیابانها، در مناطق قطبی شمال و جنوب، روی درختان، زیر برفهای دایمی کوهستانهای مرتفع که هیچ چیز دیگر رشد نمی کند، زندگی می کنند. یک گونه قادر است روی صخره های کاملاً غوطه ور در اقیانوسها زیست نماید. گلسنگها حتّی می توانند خود را به موادّ ساخت دست انسان مانند شیشه، بتون، و پنبه نسوز متّصل کنند.

دامنهٔ وسیع تحمّل پذیری گلسنگها، بخشی به دلیل حضور موادّ ژلاتینی موجود در ریسه های گلسنگ است که به آنها قدرت تحمّل دوره های خشکی سریع متناوب با رطوبت را می دهد. هنگامی که گلسنگها خشک هستند آب آنها ممکن است تا ۲ درصد وزن خشک کاهش یابد. در این حالت بخش فوقانی تال کدر می شود تا مانع ورود نور بیشتر گردد. بدین صورت شرایط نهایی و شدید محیط آنها را متأثّر نمی کند چون موقّتاً به خواب رفته و فتوسنتز انجام نمی دهند. ولی یک عامل محیطی حاصل از تمدّن پیشرفتهٔ بشر روی آنها تأثیر می گذارد. آنها استثناءاً به آلودگی هوا بخصوص آلودگی دی اکسید گوگرد حسّاس هستند. در حقیقت حسّاسیت آنها به این نوع آلودگی هوا خیلی زیاد است، بطوری که می توان دی اکسید گوگرد موجود در هوا را به تنهایی به وسیلهٔ تهیّهٔ نقشه، وجود یا عدم وجود گلسنگهای خاصّی را در یک محدوده محاسبه نمود. چنین مطالعاتی نشان داده است که بعضی گونه های گلسنگها در مناطق صنعتی کاملاً محو شده اند و اکنون در معرض نابودی قرار دارند و این موضوع کاملاً به آلودگی هوا مربوط می شود. گلسنگها همچنین به پرتوهای هسته ای خیلی حسّاس هستند، و حدّاقل در یک مورد دیدبانی، آلودگی حاصل از رادیواکتیو یک ماهواره که در جای دور دستی به زمین افتاده بود، مشاهده شد.

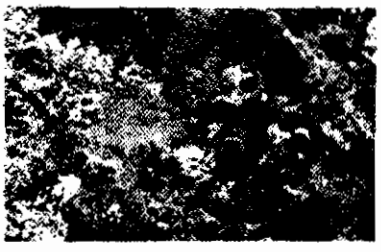
تال گلسنگ معمولاً از ۳ تا ۴ لایه هیف تشکیل شده است (شکل ۳۸-۱۸). یک لایهٔ سطحی بالایی، تشکیل پوست فوقانی را می دهد. هیفها در این قسمت شبیه سلّولهای پارانشیمی خیلی فشرده ای هستند و در این جاست که موادّ ژلاتینی جهت حفاظت لایه موجود می باشد. در زیر سطح بالایی لایهٔ جلبکی است که سلّولهای آن در میان هیفهای متراکم قرار دارد. سپس یک مدولا وجود دارد که دارای هیفهای سستی است که حدّاقل نیمی از حجم تال را تشکیل می دهد. در این جا موادّ تولید شده به وسیلهٔ جلبک ذخیره می شود. لایهٔ چهارم که بیشتر اوقات ولی نه همیشه وجود دارد پوست پایینی است. پوست پایینی شبیه پوست بالایی است ولی معمولاً نازکتر بوده و غالباً به وسیلهٔ هیفهای سختی بنام ریزین پوشیده شده است.



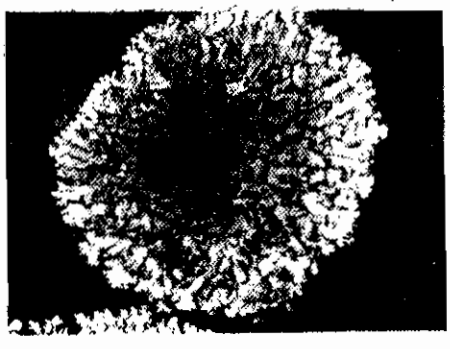
شکل ۳۸-۱۸ مقطع گلسنگ فولیوز

گلسنگها در حدّ یک طبقه بندی مقدّماتی به سه شکل رویشی گروه بندی می شوند که ارتباطی با خویشاوندی طبیعی آنها ندارد ولی به عنوان یک قدم اوّلیه در شناسایی گلسنگها مناسب می باشد (شکل ۳۹-۱۸). گلسنگهای کرستوز توسّط تمام سطح تحتانی خود

به تکیه گاه متّصل شده و در آن نفوذ می کنند. این نوع گلسنگها معمولاً پوششهای فلس مانند و رنگی مشخّصی را در سطح صخره های برهنه و تنهٔ درختان تشکیل می دهند. هیفهای بعضی گلسنگها که روی سنگهای رسوبی رشد می کنند تا یک سانتیمتر به درون سنگ نفوذ می کنند. بعضی دیگر درست زیر کوتیکول برگهای درختان چوب سخت گرمسیری رویش می کنند بدون این که آسیبی به برگ برسانند. گلسنگهای فولیوز دارای تالهای تا حدّی برگ مانند هستند که غالباً روی هم می افتند. آنها بستی به تکیه گاه متّصل می شوند و حاشیه شان مضرّس یا لوبدار می باشد. گلسنگهای فروتیکوز ممکن است شبیه بوته های عمودی مینیاتوری بوده، یا ممکن است به صورت قوسی از شاخه ها آویزان شوند. تالهای این گلسنگها که معمولاً منشعب هستند، اساساً دارای شکل استوانه ای می باشند و در یک نقطه به هم وصل می شوند.



(الف)



(ب)

(پ)

شکل ۴۹-۱۸ سه نوع تال گلسنگها: الف ـ گلسنگ کروموز «در سطح صخره»؛ ب ـ یک گلسنگ فولیوز؛ پ ـ گلسنگ فروتیکوز.

باید تأکید شود که اگرچه گلسنگها ممکن است به درختان یا گیاهان دیگر متّصل باشند، لیکن اکثریت آنها به هیچ وجه انگل نیستند. البتّه تعداد کمی ممکن است به صورت یک انگل جزئی از پوست میزبان خود تغذیه تکمیلی انجام دهند.

اگرچه اجزای قارچی گلسنگ تولید مثل جنسی می کند، لیکن گلسنگها بطور طبیعی به طریق غیرجنسی تکثیر می یابند. در حدود یک سوم گونه ها خوشه های پودر مانند کوچکی متشکّل از هیف و جلبکها بنام سوردی ایجاد می نمایند که از ریسه کنده شده و مانند ریسهٔ مادر رشد می کند. باران، باد، آب جاری، و جانوران، به عنوان عوامل پراکنش گلسنگها عمل می نمایند. در گلسنگهای دیگر، قسمتهایی از ریسه ممکن است توسّط عمل تجزیه شکسته یا جدا شوند. تولید مثل جنسی مشابه آسکومیستهاست با این تفاوت که آسکوکارپ به دفعات و تا چندین سال تولید هاگ می کند. هیچ کس تاکنون رشد تال جدیدی را در طبیعت مشاهده نکرده است. عقیده براین است که بعد از انتقال آسکوسپور قارچ توسّط باد و تماس آن با جلبک زندهٔ مستقل، رویش کرده و انگل آن می شود. جلبکهای گلسنگی به وسیلهٔ میتوز و تقسیم سلّولی ساده، تولید مثل می کنند.

انسان و روابط اکولوژیکی گلسنگها

گلسنگها برای بسیاری از جانوران پست و همچنین پستانداران بزرگ موادّ غذایی فراهم می کنند. گوزنها و آهوهای مناطق شمالی هنگامی که غذایشان محدود می شود می توانند تنها ازطریق تغذیه گلسنگهای فروتیکوز ادامهٔ حیات دهند، در حالی که گوسفندان آمریکای شمالی از گلسنگهای کروستوز استفاده می کنند. گلسنگها به تنهایی برای تغذیهٔ انسان مناسب نیستند ولی به عنوان مکمّل غذایی (مثل استفاده در سوپ) در بخشهایی از اروپا استفاده می شوند. اکثر گلسنگها اسیدهایی دارند که طعم آنها را نامطبوع می کند و بعضی (مثل انواع صخره ای) آثار شدید مسهلی ناخوشایندی را به مصرف کننده می دهند.

بیش از نیمی از گلسنگهای مطالعه شده خاصیّت آنتی بیوتیک دارند. یک مادّهٔ گلسنگ در اروپا در کنار آنتی بیوتیک دیگری در درمان سل مورد استفاده قرار می گیرد. اروپاییها از آنتی بیوتیکهای گلسنگی جهت تهیّهٔ مرهم برای درمان بریدگیها و بیماریهای پوستی استفاده کرده اند.

یونانیان و رومیان از گلسنگها جهت تهیّهٔ رنگ استفاده می کردند و یکی از صنایع رنگ سازی گلسنگی برای قرنها در اروپا پا برجا بود. بومیان آمریکا و دیگران همچنین از رنگ گلسنگها استفاده می کردند. امروزه رنگهای دیگر جانشین رنگهای گلسنگی شده است. گلسنگها هنوز در صنایع تولید پارچهٔ بافتنی اسکاتلندی و در ساخت پارچه پنبه ای هند شرقی استفاده می شوند. گلسنگها در تهیّهٔ کاغذ لیتموس که در آزمایشگاههای شیمی عمومی به عنوان شناساگر محیطهای اسیدی و قلیایی به کار می روند دخالت دارند. این کاغذها در شرایط اسیدی قرمز شده و در شرایط قلیایی آبی رنگ می شوند.

صابونها با عصارهٔ گلسنگها معطّر می شوند. چنین عصاره هایی هنوز در تولید بعضی عطرها در اروپا استفاده می شود. به علّت شباهت گلسنگها به درختان و بوته های مینیاتوری، بعضی گلسنگهای فروتیکوز به وسیلهٔ سازندگان اسباب بازیها برای مدلهای راه آهن و جادّه های ماشین رو استفاده می شوند. اهمّیت گلسنگها در شروع تشکیل خاك در فصل ۲۴ توضیح داده می شود.

خلاصه

۱. اکثر قارچها ریسه هایی را ایجاد می کنند بنام هیف که مجموعاً میسلیوم نامیده می شوند.

۲. اعضای سلسلهٔ قارچها در گذشته به همراه کپکهای مخاطی و باکتریها در یک شاخه از سلسلهٔ گیاهی طبقه بندی می شدند، امّا باکتریها بعداً به علّت سلّولهای پروکاریوتیکی در سلسلهٔ مونرا، و کپکهای مخاطی به دلیل اختصاصات پلاسمودیوم، تولید مثل و غیره در سلسلهٔ پروتیستا قرار گرفتند.

۳. تولید مثل، متابولیسم، و خطوط تکاملی قارچها از سلسلهٔ گیاهی کاملاً متفاوت است و باعث شده قارچها در سلسلهٔ مربوط به خود قرار گیرند. سلسلهٔ قارچها به صورت ۴ زیرسلسله در نظر گرفته می شود که ظاهراً مستقل از هم تکامل یافته اند.

۴. زیرسلسلهٔ میکسومیکوتینا شامل کپکهای مخاطی است که در حالت رویشی جانور مانند هستند. آنها دارای تودهٔ پروتوپلاسمی چند هسته ای بنام پلاسمودیوم هستند که روی سطوح مرطوب روان می شود و ذرّات غذایی را هضم می نماید.

۵. کپکهای مخاطی هنگام تولید مثل قارچ مانند می شوند، تولید هاگدانهای محتوی هاگ غیرمتحرّك می کنند. هاگها رویش کرده تولید میکسامیب و یا سلّولهای سوارم را می کنند که به عنوان گامت عمل می کند، از زیگوت پلاسمودیوم جدید رشد می نماید.

۶. بعضی از اعضای این زیرسلسله، چون ایجاد پلاسمودیوم حقیقی را نمی کنند به کپکهای مخاطی سلّولی معروفند. در عوض در اینها سلّولهای مستقل تشکیل گروههایی را می دهند که به پلاسمودیوم کاذبی که شبیه یک حلزون می خزد تبدیل شده و سرانجام مبدّل به تودهٔ اسپورهای ساکن و اسپورانژ مانندی می شوند.

۷. زیرسلسلهٔ کیتریدومیکوتینا از قارچهای آب زی تک سلّولی ساده و ظریفی هستند که اکثراً دارای سلّولهای کروی واجد ریزوییدهایی در یک انتها می باشند. کیتریدها فقط توسّط زوسپورهای یک تاژکی، تولید مثل غیرجنسی دارند.

۸. زیرسلسلهٔ ماستیگومیکوتینا دارای یک شاخه کپکهای آب زی هستند. کپکهای آب زی عامل بیماریهایی در ماهیها و دیگر موجودات آب زی هستند و روی حشرات مرده و موادّ آلی غوطه ور رشد می کنند.

۹. کپکهای آب زی ویژه ای نیز وجود دارند که عامل دو بیماری مهمّ گیاهان گلدار هستند. سفیدك دروغین انگور (سفیدك کاذب انگور) که بطور جدّی صنایع مشروب سازی فرانسه را تهدید می کرد تا این که توسط مخلوط بوردو بر علیه آن مبارزه شد. بلایت سیب زمینی که اقتصاد ایرلند را در اواسط قرن نوزدهم نابود کرد و باعث قحطی و مرگ تعداد زیادی از کشاورزان شد.

۱۰. کپکهای آب زی دارای میسلیوم سنوستیک (بدون دیوارهٔ عرضی) هستند. این قارچها توسّط زوسپور تولید مثل غیرجنسی انجام داده و تولید مثل جنسی آنها به وسیلهٔ گامتهای تولید شده در اووگون و آنتریدی انجام می شود که به وسیلهٔ ترشّح هورمونهای قارچ رشد می کنند.

۱۱. زیرسلسلهٔ پومیکوتینا قارچهای دو شاخه را شامل می شود که شاخه دوم خود دارای چهار رده می باشد.

۱۲. قارچهای حقیقی ریسه دار یا تک سلّولی و واجد دیواره کیتینی هستند. قارچهای حقیقی غیرمتحرّك بوده و هاگ تولید می کنند. تولید مثل جنسی آنها متفاوت است. مولّد غذایی خود را به صورت محلول ازطریق دیواره، جذب می نمایند. حدود $\frac{2}{3}$ از ۳۰۰/۰۰۰ گونهٔ احتمالی قارچهای موجود، هنوز در انتظار کشف و شرح هستند. قارچها ممکن است در دمای زیر انجماد و در دمای بالاتر از سطح تحمّل انسان قادر به رشد باشند. آنها تجزیه کنندگان طبیعی هستند و عامل آسیبهای اقتصادی ازطریق ضایعات و بیماریهای موادّ غذایی می باشند.

۱۳ . شاخهٔ زیگومیکوتا، قارچهای سینوستیک هستند. در ریزوپوس نمونهٔ برگزیده آنها، هاگها بطور استثنایی در تمام طبیعت پخش است، به وسیلهٔ میسلیوم سینوستیک تولید هیفهای عمودی بنام اسپورانژفور نموده و در رأس آنها هاگدانهای محتوی هاگهای فراوانی ایجاد می شود (در تولید مثل غیرجنسی). این قارچها ازطریق جنسی به وسیلهٔ گامتانژهای تولید شده روی هیفهای نژادهای متضاد که با هم ترکیب شده، ایجاد یک سلّول درشت را می کنند که در آن هسته ها ترکیب می شوند.

۱۴ . روی هیفهای قارچهای شاخهٔ زیگومیکوتا گاهی هاگهایی بنام کونیدی تولید می شود، ولی تولیدمثلی که منحصراً توسّط کونیدی انجام شود ویژهٔ قارچهای متعلّق به شاخهٔ دیگری است. پیلوبولوس هاگدانهای خود را با نیروی زیادی به سَمت نور پرتاب می کند. از کپکهای نان در تهیّهٔ خوراکهای تمپه و سوفو استفاده شده و کاربردهای صنعتی مختلفی دارند.

۱۵ . قارچهای شاخهٔ یومیکوتا هیفهای سینوستیک ندارند. هیفهای آنها قابل تفکیک به سلّولهای مجزّا می باشد. دیوارهٔ عرضی هیفها منفذدار است.

۱۶ . اعضای ردهٔ آسکومیستها (قارچهای کیسه دار) شامل قارچهای دنبلان، مخمّرها، سفیدك حقیقی، پوسیدگی قهوه ای میوه ها، ارگوت، مورل، انگلهای حشرات و غیره می باشند. تولید مثل غیرجنسی آسکومیستها ازطریق کونیدی یا جوانه زدن است. تولیدمثل جنسی آسکومیستها همراه تشکیل کیسه هایی بنام آسک بعد از ترکیب ساختمانهای نر و ماده می باشند. در بعضی گروهها بعد از عمل لقاح هیفهای آسکوژنی رشد کرده و این هیفها به نوبهٔ خود ایجاد آسکهایی را می کنند که در آسکوسپورهای فنجانی یا بسته ایجاد می شوند. آسکوسپورها بعد از تقسیم میوز در کیسه آسک تولید می شوند. بعد از رها شدن آسکوسپورها، آنها می توانند رویش کرده ایجاد یک میسلیوم جدید را بنمایند.

۱۷ . مورلها عضو خوراکی باارزش ردهٔ آسکومیستها هستند. ارگوتیسم یک بیماری است که هنگام مصرف جو آلوده به ارگوت ایجاد می شود. بیماری ارگوتیسم در گذشته هزاران نفر را از بین برده است. مخمّرها تولید دی اکسید کربن و الکل می کنند که در شیرینی پزی و شراب سازی، داروی افدرین، پروتئینها و ویتامینهای مورد استفادهٔ انسان و چهارپایان به کار می روند. بیماری مرگ نارون، و سوختگی شاه بلوط، و پیچیدگی برگ هلو به وسیلهٔ قارچهای این رده ایجاد می شوند.

۱۸. ردهٔ بازیدیومیستها (قارچهای چوگانی) شامل قارچهای چتری، قارچهای طاقچه‌ای، زنگها، سیاهکها، توپ پفیها، شاخهای بدبو، قارچهای ستارهٔ زمینی، قارچهای ژله‌ای، و قارچهای آشیانه پرنده می شوند. هیفهای آنها به سلّولهایی تقسیم بندی می شوند که یا یک یا دو هسته دارند.

۱۹. تولید مثل غیرجنسی در بازیدیومیستها نسبت به رده های دیگر متداول نیست و اگر باشد به وسیلهٔ کونیدی صوت می گیرد. تولید مثل جنسی به وسیلهٔ ترکیب سلّولهای دو نژاد با سازگاری جنسی از هیفهای مونوکاریوتیکی انجام می شود. لقاح سبب تشکیل میسلیوم دیکاریوتیکی می شود که معمولاً دارای زایده های کوچکی بنام گیره های اتّصال بین سلّولها می باشند.

۲۰. یک میسلیوم دیکاریوتیکی ممکن است خیلی متراکم شده و از سطح خاك بالا آمده تشکیل یک دکمه را دهد که به یک بازیدیوکارپ یا قارچ چتری تبدیل می شود. کلاهک گسترده قارچ معمولاً روی پایه ای قرار گرفته که ممکن است یک حلقه در اطراف و گاهی یک فنجان بنام ولوا در قاعده داشته باشد.

۲۱. تیغه ها در زیر کلاهک به صورت شعاعی از پایه خارج می شود. تیغه ها شامل هیفهایی است که تولید بازیدیهای چوگانی شکل را می نمایند. درون هرکدام از بازیدیها ادغام دو هسته صورت گرفته و تقسیم میوز دنبال می شود. چهار بازیدیوسپور معمولاً در خارج هر بازیدی تشکیل می شوند. بازیدیوسپورها می توانند رویش کرده و دورهٔ زندگی را تکرار کنند.

۲۲. توپهای پفی قارچهای چوگانی بدون پایه هستند که هرکدام تریلیونها هاگ تولید می کنند. قارچهای ستارهٔ زمینی شبیه توپهای پفی هستند ولی یک ردیف دایره‌ای از زایده های گل برگ مانند متّصل به قاعده را دارا می باشند. قارچهای طاقچه ای سالانه ممکن است لایهٔ جدیدی را ایجاد کنند.

۲۳. قارچهای آشیانهٔ پرنده بازیدیوسپورهای خود را در تخمهایی تولید می کنند که رشته های چسبناکی به آنها متّصل می باشد. هنگامی که به وسیلهٔ باران پرتاب می شوند، تخمها ممکن است جابه‌جا شده و به گیاهان یا جانوران متّصل شوند. تخمها از سیستم گوارشی جانوران بدون هیچ گونه آسیبی عبور می کنند.

۲۴. سیاهکها به غلّات حمله می کنند. زنگها که ممکن است بیش از یک میزبان داشته باشند

غلّات، کاج سفید، درختان سیب، و گیاهان با اهمّیت دیگر را آلوده می کنند. زنگها ممکن است تا حدودی به وسیلهٔ از بین بردن میزبان متناوب کنترل شوند.

۲۵. کمتر از ۷۵ گونه از تقریباً ۲۵،۰۰۰ گونه قارچهای چوگانی شناخته شده سمّی هستند. قارچ چتری «فرشتهٔ مرگ» مسؤول حدود ۹۰ درصد مرگ و میر مربوط به سمّیت قارچها می باشد. اسید تیوکتیک اثر ضدّ سمّی نسبی بر مسمومیّت قارچی دارد.

۲۶. بسیاری باورهای غیرقابل اعتماد مربوط به تلاشهایی می شود که برای تشخیص قارچهای سمّی از خوراکی صورت گرفته لیکن این تلاشها زمانی اطمینان بخش است که یک قارچ به وسیلهٔ متخصّص شناسایی شود.

۲۷. بعضی از قارچهای چتری به عنوان خلسه آور و رفتن به عالم بی خیالی استفاده می شده اند. قارچهای چتری دارای موادّ غذایی زیادی نیستند، ولی قارچ جنگل سیاه استثنا می باشد زیرا موادّی را تولید می کند که سطح کلسترل را کاهش داده و ویروسها را مهار می نماید. چندین نوع قارچ به منظور مصرف غذایی کِشت می شوند ولی در ایالات متّحده، تنها یک گونه به عنوان تجاری کشت می شود.

۲۸. قارچها و باکتریها نقش مهمّی در چرخهٔ طبیعت بازی می کنند. آنها همچنین مخرّب موادّ مهمّ اقتصادی هستند.

۲۹. اعضای ردهٔ دو ترومیستها (قارچهای ناقص) همگی فاقد تولیدمثل جنسی شناخته شده هستند، در غیر این صورت، مشابه اعضای رده های قارچهای حقیقی دیگر می باشند.

۳۰. بعضی از قارچهای ناقص خاك زی برای تغذیه از نماتودها *تلهٔ شکار* ایجاد می کنند. بین شناخته شده ترین اعضای این رده، کپکهای پنی سیلیوم هستند که تولید پنی سیلین کرده و آسپرژیلوس که بعضی گونه های آن به صورت تجاری در تولید انواع مختلفی از محصولات که شامل شویو و میزو باشد به کار برده می شوند. آسپرژیلوس و قارچهای ناقص دیگر عوامل بیماریهایی در انسان نظیر اتلیت فوت و کرم حلقوی و همچنین در حیوانات می باشند.

۳۱. بعضی از قارچهای ناقص به وسیلهٔ مورچه ها و موریانه ها در آشیانه هایشان کشت می شوند. همچنین این قارچها ایجاد میکوریز در گیاهان تکامل یافته می کنند*.

---

* گروه بزرگی از میکوریز گیاهان به وسیله قارچهایی از ردّه زیکومیستها ایجاد می شوند، مترجم

۳۲. توده های گلسنگ دارای یک جلبک و یک قارچ هستند که رابطهٔ هم‌زیستی نزدیکی را با هم دارند. جزء جلبکی معمولاً یک جلبک سبز یا یک باکتری سبز ـ آبی می باشد که ممکن است در تعدادی از گونه های گلسنگها وجود داشته باشند. لیکن قارچ هرگونه گلسنگ، منحصر به همان گلسنگ است. بجز چند گونهٔ گرمسیری که دارای قارچهای چوگانی هستند، تمام گلسنگها یک قارچ آسکومیست به عنوا بخش قارچی خود دارند.

۳۳. گلسنگها خیلی کُند رشد می کنند. آنها قادر به تحمّل طیف وسیعی از تغییرات دما هستند و ممکن است تا هزاران سال زیست کنند، ولی آنها خیلی به آلودگی صنعتی حسّاس می باشند.

۳۴. ریسهٔ گلسنگ معمولاً دارای چند لایهٔ هیف است. این لایه ها عبارتند از؛ یک لایهٔ محافظ (پوست بالایی)، یک لایهٔ جلبکی محتوی سلّولهای جلبکی، یک مدولا حاوی تودهٔ هیفهای سُست، و یک پوست پایینی که غالباً به وسیلهٔ ریزین سختی پوشیده شده است، ولی ریزین همیشه وجود ندارد.

۳۵. گلسنگها به سه شکل رویشی وجود دارند: گلسنگهای کروستوز که به سطح تکیه گاه به وسیلهٔ تمام سطح پایینی خود متّصل می شوند؛ گلسنگهای فولیوز که تا حدّی برگ مانند بوده و اتّصال ضعیفی دارند؛ و گلسنگهای فروتیکوز که معلّق یا قائم رشد می کنند.

۳۶. گلسنگها به صورت جنسی تولید مثل می کنند. لیکن در طبیعت غالباً ازطریق تولید مثل غیرجنسی پراکنده می شوند. بعضی تولید توده های پودر مانند کوچکی بنام سوردی می کنند که جدا شده و به وسیلهٔ باران، باد، آب و جانوران، منتشر می شوند.

۳۷. گلسنگها برای جانوران مخصوصاً در نواحی سردسیری تولید غذا می کنند. اکثر گلسنگها برای ذائقهٔ انسان مطبوع نیستند. تعدادی از گلسنگها خواصّ آنتی بیوتیک دارند. بعضی از گلسنگها برای ساخت عطر، کاغذ لیتموس، رنگ آمیزی، پارچه های اسکاتلندی و هند شرقی، و به عنوان منظره و دکور مدلهای راه آهن اسباب بازی استفاده می شوند.

پرسشهای یادآوری

۱. چرا قارچها در سلسله ای جدا از پروتیستا و باکتریها قرار داده شده اند؟

۲. سلّولهای قارچها چگونه از سلّولهای دیگر متمایز می شوند؟
۳. معنی سینوستیک چیست و به کدام گروههای قارچها اطلاق می شود؟
۴. قارچها چه نوع تولید مثل غیرجنسی دارند؟
۵. اگر شما به هیفهای یک کپک نان، قارچ فنجانی، و قارچ چوگانی زیر میکروسکپ نگاه کنید، آیا قادر به تشخیص هر سه نوع هستید، چگونه؟
۶. کدام قارچ، تولید زوسپور می کند؟
۷. پلاسمودیوم، کونیدی، مکنده، زیگوسپور، اسپورانژوفور، آسک، میسلیوم، آسکوکارپ، منوکاریوت، دی کاریوت، و اتّصال گیره ای را تعریف کنید.
۸. آیا با یک روش خوب، می توان قارچ چتری را از قارچ خوراکی، متمایز نمود؟
۹. ارگوتیسم چیست؟
۱۰. ارتباط انسان را با قارچهای کیسه دار شرح دهید.
۱۱. چاپ اسپوری چیست؟
۱۲. هریک از موارد زیر به کدام شاخه یا ردهٔ قارچی تعلّق دارد؛ دنبلان، توپ پفی، قارچهای LSD، شاخ بدبو، پیچیدگی برگ هلو، سوختگی سیب زمینی (بلایت)، قارچهای آشیانهٔ پرنده، قارچهای ژله ای، سفیدك دروغین انگور، فرشتهٔ مرگ و قارچهای تخت یا طاقچه ای.
۱۳. حلقه چرخ و فلکی چیست؟ و چرا تشکیل می شود؟
۱۴. زنگها و سیاهکها چگونه به میزبان خود حمله می کنند؟
۱۵. در چه شرایطی قارچهای چتری تجاری بهترین رشد را دارند؟
۱۶. چرا بعضی قارچها را ناقص می نامند؟
۱۷. اهمّیت اقتصادی قارچهای ناقص را شرح دهید.
۱۸. چه ارتباطی بین جلبک و قارچ موجود در گلسنگ وجود دارد؟
۱۹. ساختمان اصلی گلسنگ را چه چیزی می سازد؟
۲۰. چگونه ممکن است گلسنگها برای سالهای سال عمر کنند؟

پرسشهای تشریحی

۱. با وجود این که قارچها هاگهای بی شماری را تولید می کنند، چرا همه جا از آنها پوشیده نیست؟

۲. کپکهای مخاطی غالباً در کتب مقدّماتی جانورشناسی به‌عنوان پروتیست و یا جانور مطرح می‌شوند، آیا شما فکر می‌کنید تعلّق آنها به سلسلهٔ دیگری و خصوصاً سلسلهٔ قارچها مناسب باشد؟

۳. چرا اکنون بیماریهای قارچی در ایالات متّحده در مقایسه با زمان قبل از استقلال این کشور متداولتر است؟

۴. اگر تمام زنگها فقط یک میزبان داشتند (حدّاقل بطور فرضی) آیا آنها ساده‌تر کنترل می‌شدند؟

۵. چون اکثر گلسنگها برای مصرف غذایی مناسب نیستند و ارزش اقتصادی مهمّی ندارند، آیا ما باید به این که بعضی در معرض نابودی هستند به همان اندازه اهمّیت قایل شویم که به والها که در حال انقراض هستند اهمّیت می‌دهیم؟

منابع اضافی

Ahmadjian, V., and M. E. Hale, Jr., eds. 1974. *The lichens.* San Diego, CA: Academic Press, Inc.

Ainsworth, G. C., and Bisby. 1983. *Dictionary of the fungi (including the lichens),* 7th ed. Forestburgh, NY: Lubrecht and Cramer.

Alexopoulos, C. J., and C. W. Mims. 1979. *Introductory mycology,* 3d ed. New York: John Wiley and Sons.

Baldwin, R. S. 1981. *The fungus fighters: two women scientists and their discovery.* Ithaca, NY: Cornell University Press.

Batra, L. R., ed. 1967. "Insect-fungus symbiosis: nutrition, mutualism and commensalism." *Scientific American* 217(5): 112–20.

Bessey, E. A. 1973. *Morphology and taxonomy of the fungi,* reprint of 1950 ed. New York: Hafner Press.

Bliss, A. 1986. *North American dye plants,* rev. ed. Boulder, CO: Juniper House.

Burnett, J. H., and A. P. Trinci, eds. 1980. *Fungal walls and hyphal growth.* New York: Cambridge University Press.

Christensen, C. M. 1965. *The molds and man: an introduction to the fungi*, 3d ed. Ann Arbor, MI: Books Demand UMI.

Christensen, C. M. 1975. *Molds, mushrooms and mycotoxins*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Christensen, C. M. 1981. *Edible mushrooms*, rev. ed. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Crowder, W. 1926. "Marvels of the mycetozoa." *National Geographic Magazine* 49(4): 421–444.

Deacon, J. W. 1984. *Introduction to modern mycology*, 2d ed. Palo Alto, CA: Blackwell Scientific Publications.

Hale, M. E., Jr. 1979. *How to know the lichens*, 2d ed. Dubuque, IA: Wm. C. Brown Publishers.

Lawrey, J. D., and M. E. Hale, Jr. 1984. *Biology of lichenized fungi*. Westport, CT: Praeger Publications.

Martin, G. W., and C. J. Alexopoulos. 1983. *The genera of the myxomycetes*. Iowa City, IA: University of Iowa Press.

Miller, O. K., Jr., and D. F. Farr. 1985. *An index of the common fungi of North America*. Forestburgh, New York: Lubrecht and Cramer.

Moore-Landecker, E. 1982. *Fundamentals of the fungi*, 2d ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Rinaldi, A., and V. Tyndalo. 1974. *The complete book of mushrooms*. New York: Crown Publishers.

Smith, A. H., and N. Weber. 1980. *The mushroom field hunter's guide*, enlarged ed. Ann Arbor: University of Michigan Press.

Webster, J. 1980. *Introduction to fungi*, 2d ed. New York: Cambridge University Press.

فصل نوزدهم ـ مقدّمه ای بر سلسلهٔ گیاهان : بریوفیتها

رؤوس مطالب

برخی از اهداف فراگیری

نظر اجمالی

ویژگیهای سلسلهٔ گیاهی

مقدّمه ای بر بریوفیتها

شاخهٔ بریوفیتها

ردهٔ هپاتیکها (جگرآساها)

ساختمان و شکل

مارکانیتا (مارکانسیا) ـ تولید مثل غیرجنسی

مارکانیتا ـ تولید مثل جنسی

جگرآساهای برگدار

ردهٔ آنتوسروتا (شبه خزه های شاخدار)

ساختمان و شکل

تولید مثل غیرجنسی

تولید مثل جنسی

ردهٔ خزه ها (خزه ایها)

ساختمان و شکل، و زیر رده ها

تولید مثل غیرجنسی

تولید مثل جنسی

انسان و روابط اکولوژیکی بریوفیتها

خلاصه

پرسشهای یادآوری

پرسشهای تشریحی

منابع اضافی

خزه‌ها (Funaria sp.) در جنگلهای برگ‌ریز شرق

فصل نوزدهم

مقدّمه ای بر سلسلهٔ گیاهان : بریوفیتها

برخی اهداف فراگیری

۱- شناخت ویژگیهایی که بتوان به وسیلهٔ آنها سلسلهٔ گیاهی را از دیگر سلسله ها تشخیص داد.

۲- درك این که چگونه بریوفیتها به عنوان یک گروه با دیگر گیاهان تفاوت دارند.

۳- فراگیری اختلافات اساسی بین جگرآساهای ریسه دار و برگدار.

۴- نحوهٔ تشخیص یک ریسهٔ جگرآسا از ریسهٔ یک شبه خزهٔ شاخدار.

۵- شناخت ساختمانهایی که در چرخهٔ زندگی یک خزه شرکت دارند، و این که در کدام ساختمانها تقسیم میوز و لقاح رخ می دهد.

۶- فراگیری اختصاصات مشترك شبه خزه های جگر آسا، شبه خزه های شاخدار و خزه ها، و درك اختلاف بین اسپوروفیتهای آنها.

۷- آشنایی با ۵ مورد کاربردی بریوفیتها برای انسان.

نظر اجمالی

این فصل با بحثی در مورد ویژگیهای سلسلهٔ گیاهی و اعضای آنها شروع می شود،

سپس به معرّفی بریوفیتها و توضیحی در مورد استفادهٔ دیرینهٔ آنها به عنوان نوار چسب زخم پرداخته، بعد از آن زیستگاهها و چرخهٔ زندگی عمومی بریوفیتها و جگر آساها با تأکید بر مارکانتیا تشریح شده، و سپس شبه خزه های شاخدار و چرخهٔ زندگی آنها و بالاخره خزه ها با جزئیات بیشتر بررسی می شوند. این فصل با توضیحاتی در مورد روابط اکولوژیکی و انسانی بریوفیتها پایان می یابد.

اختصاصات سلسلهٔ گیاهی

بیشتر کتابهای قدیمی گیاه شناسی و تعدادی از کتب جدیدتر، واژهٔ گیاه را برای تعداد زیادی از گیاهان ساده تر که در فصول قبلی مورد توجّه قرار گرفت مورد استفاده قرار می دهند؛ ولی امروزه اکثر گیاه شناسان، گیاهان را به خزه ها، سرخسها، مخروط داران، گیاهان گلدار و خویشاوندان گوناگون هریک از این گروهها محدود می کنند. این گروهها موضوعات فصول آینده می باشند.

گیاهان دارای چندین رنگدانهٔ اصلی (مانند کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوییدها) بوده که مشابه رنگدانه های جلبکها (فصل ۱۷) می باشند. گیاهان و جلبکهای سبز همچنین بطور مشترك دارای نشاسته به عنوان ذخیره اصلی غذایی، دیوارهٔ سلّولزی، و ایجاد فراگموپلاست و صفحهٔ سلّولی (فصل ۳) هنگام تقسیم می باشند، فراگموپلاست و صفحهٔ سلّولی در موجودات دیگر شناخته نشده است. این ویژگیهای مشترك گیاهان و جلبکهای سبز پیشنهاد می کند که این دو گروه دارای جدّ مشترك می باشند.

شواهد فسیلی نشان می دهد که نخستین گیاهان در حدود ۴۰۰ میلیون سال قبل پدیدار شده اند. بنابراین، هرگونه شکل ابتدایی و فرضی از آنها حتّی قبل از این تاریخ در نتیجهٔ انتقال از محیطهای آبی به خشکی پدیدار گردیده است. در آن زمان که گیاهان در خشکی مستقر شدند، اختصاصاتی جهت جلوگیری از خشک شدن در آنها ایجاد شد. اکثر گیاهان دارای یک کوتیکول چرب روی سطحشان بوده و همچنین سلّولهای نازای محافظتی در اطراف گامتانژ و نیز اطراف یاخته های تولید کنندهٔ هاگ (اسپورانژ) می باشند. علاوه براین زیگوت درون بافتهایی که ابتدا در اطراف تخم زا بودند، به جنین تبدیل می شوند.

برخلاف اعضای سلسله های مونرا، پروتیستا و قارچها (باستثنای جلبکهای سنگی) که دارای گامتانژهای تک یاخته ای هستند تمام گیاهان گامتهای خود را در گامتانژ پر یاخته ای ایجاد

می کنند. اعضای سلسلهٔ گیاهان ، ساختمانهای پیچیده تر و متنوّعتری را نسبت به دیگر سلسله ها دارا می باشند، و تمایزاتی را در رابطه با بافتهای فتوسنتزی، هدایت کنندهٔ مواد، نگاه دارنده و محافظ، پیدا کرده اند. ***تولید مثل*** از طریق جنسی بوده و در چرخهٔ زندگی نمونه های عالیتر مرحلهٔ اسپوروفیت غالب می باشد.

جنینهای پر سلّولی گیاهان که قبلاً به آنها اشاره شد در سلسله های قبلی شناخته نشده است. این موضوع در طبقه بندیهای قدیمی هنگامی که کلّیهٔ موجودات به دو سلسلهٔ جانوری و گیاهی تقسیم می شد برای شناسایی مورد استفاده قرار می گرفت. بر مبنای این طبقه بندی، سلسلهٔ گیاهان به دو زیر سلسله تقسیم می شد: مونرا، پروتیستا و قارچها در زیر سلسلهٔ ریسه داران و دیگر موجودات بجز جانوران در زیر سلسلهٔ جنین داران قرار داده می شد.

یک شاخه که اساساً گیاهان غیر آوندی باشند یعنی بریوفیتها و چند شاخه گیاهان آوندی در سلسلهٔ گیاهان قرار دارند. بریوفیتها در این فصل مورد بحث قرار می گیرد، و گیاهان آوندی در فصلهای آینده شرح داده خواهند شد.

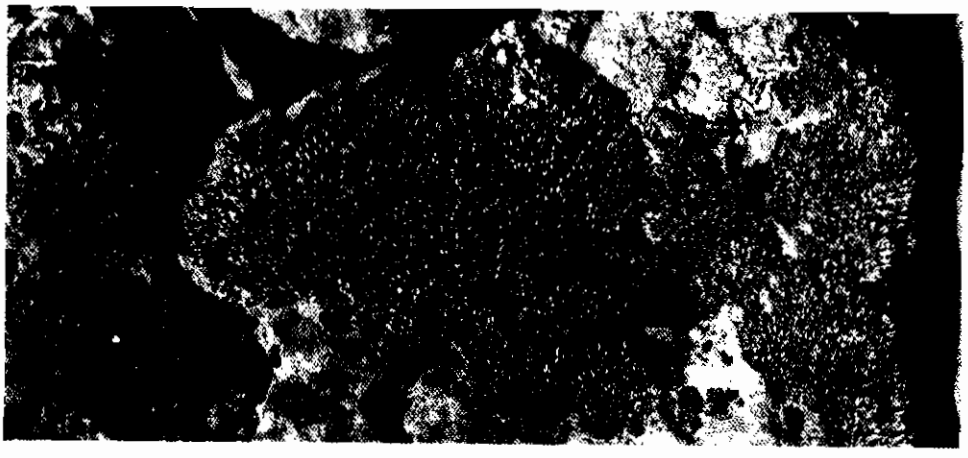
مقدّمه ای بر بریوفیتها

در طول جنگ جهانی اوّل و در اواسط نبردهای سخت فرانسه، باندهای زخم که پرستاران برای سربازان زخمی در جایی که اکنون به M. A. S. H. معروف است مورد استفاده قرار می دادند، تمام شد؛ پرستاران در نا امیدی کامل تعدادی از گیاهان آب زی نرم را که در حاشیهٔ دریاچه یافت می شد به جای باند (گاز) به کار بردند. با کمال تعجّب مشاهده کردند که نه تنها این مواد می توانند جانشین خوبی برای باندهای زخم معمولی باشند بلکه جراحتهایی که با این مواد زخم بندی شده اند به اندازهٔ زخم بندی با باندهای کتانی مرسوم عفونی نمی شدند.

موادّی که پرستاران از آن استفاده می کردند گونه ای از خزهٔ اسفاگنوم بود که بطور تجربی نشان داده شده است دارای خاصیّت ضدّعفونی کننده است. این خزه ها دارای برگ تخصیص یافته برای جذب آب می باشند (شکل ۱۰-۱۹). در گذشته آنها به عنوان موادّ بسته بندی مورد استفاده قرار می گرفت و امروز به عنوان نرم کنندهٔ خاك مطرح می باشند. اسفاگنوم باند زخم یکی از حدود ۲۳۰۰۰ گونه از بریوفیتهاست که شامل خزه ها، جگر آساها، و شبه خزه های شاخدار می باشند که تعداد زیادی از آنها گیاهان سبز نرم و خنک موجود در سواحل مرطوب، روی درختان، و روی کُندهٔ درختان و در محلهایی که حدّاقل قسمتی از

روز سایه دارند یافت می شوند (شکل ۱-۱۹). بعضی نمونه ها که قادرند شرایط خشک محیطی را تحمّل کنند، روی صخره های برهنه در آفتاب سوزان (شکل ۲-۱۹)، و انواعی نیز در شیبهای بسیار سرد کوههای آلپ وجود دارند. بریوفیتها، همچنین دارای تنوّع زیستگاهی از سطح دریا در سواحل اقیانوس تا ارتفاع بیش از ۵۴۸۶ متر در رشته کوههای مرتفع می باشند.

شکل ۱-۱۹ خزه‌ها و سرخسها در سطح یك کُندهٔ درخت.



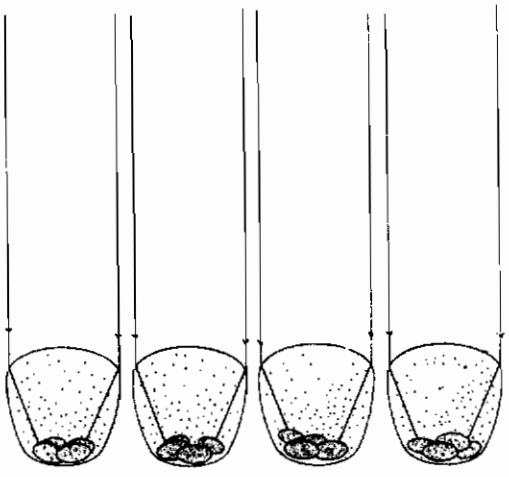
شکل ۲-۱۹ خزهٔ گریمیا (Grimmia) یك خزهٔ صخره‌ای که در سطح صخره‌های برهنه رشد نموده و غالباً در معرض آفتاب شدید قرار دارد.

تعدادی از آنها، به زیستگاههای ویژه‌ای محدود می شوند. برای مثال، بعضی گونه ها فقط در روی شاخ و استخوانهای گوزنهای مرده پیدا می شوند. برخی دیگر منحصر به مدفوع حیوانات علفخوار می شوند؛ در حالی که عدّه‌ای فقط برروی حیوانات گوشتخوار قادر به زیست می باشند. در مناطق گرمسیری عدّه‌ای برروی حشرات درشت دیده می شوند. خزه های کوتاه قدی که بر روی خاکهای برهنه بعد از بارندگی به صورت فصلی می رویند فقط یک تا دو میلیمتر ارتفاع دارند و تمام چرخهٔ زندگی خود را در چند هفته کامل می کنند.

ریزوییدهای تمام رده های بریوفیتها غالباً دارای قارچهای میکوریز می باشند (فصل ۶ و ۱۸). در بعضی موارد قارچها نیمه پارازیت می شوند. یکی از گونه های شبه خزه های شاخدار که در زیر خزه ها زندگی می کند بطور کامل بی رنگ بوده و برای ادامهٔ حیات خود، به هم زیستی با قارچها نیاز دارد.

خزه های خاك برگی (تورب) با پخش گستردهٔ خود از لحاظ اکولوژیکی باتلاقها اهمیّت داشته و همچنین در تبدیل باتلاقها به سرزمینهای خشک مؤثّرند (فصل ۲۴). این خزه ها گاهی به صورت یک پارچه در سطح آب شناور شده و محیط را به حدّی در حالت اسیدیته نگاهداشته که مانع رشد قارچها و باکتریها می گردند. موجودات مرده ته نشین شده

در چنین آبهایی برای صدها بلکه هزاران سال حفظ می شوند. خزهٔ درخشنده که به نظر می رسد پرتوهای سبز طلایی را بازتاب می کند در نزدیک مدخل غارها یا محلهای تاریک و مرطوب دیگر دیده می شود. سطح بالایی یاخته ها کمی خمیده است و به عنوان یک عدسی درشت کننده عمل نموده و نور کمی را برروی کلروپلاستهایی که در ته یاخته قرار دارند متمرکز می نماید. بنابراین، گیاه در شرایطی که دیگر موجودات قادر نیستند، فتوسنتز می نماید (شکل ۳-۱۹).



شکل ۳-۱۹ پروتونما (سلولها) خزهٔ درخشنده، سلولها نور را روی کلروپلاستهای پایینی متمرکز می‌نمایند.

آب معمولاً به شکل شبنم یا باران برای تولید مثل تمام بریوفیتها ضروری است. هیچ کدام از بریوفیتها بافتهای چوبی یا آبکش حقیقی نداشته ولی تعدادی از خزه ها سلولهای هدایت کننده آب مخصوصی بنام هیدروییدها[1] در مرکز ساقه شان و سلولهای انتقال دهندهٔ موادّ غذایی بنام لپتوییدها[2] در اطراف هیدروییدها می باشند. هیچ یک از این دو نوع یاخته در امر هدایت مشابه عناصر مخصوص چوب وسل آوندهای چوبی و عناصر لولهٔ آبکش آوندهای آبکش نیستند بلکه بیشتر آب بطور مستقیم از سطح اندام جذب می شود. عدم حضور آوندهای چوبی و آبکش، اکثر بریوفیتها را نرم و انحنا پذیر می کند. بنابراین، هیچ تعجّبی ندارد که

1- Hydroid 2- Leptoid

پرندگان غالباً از آنها برای ساختن آشیانه هایشان استفاده می کنند. برای مثال در جستجویی در کوههای آپالاچیان ویرجینیا در سال ۱۹۷۵ دو محقّق بنامهای بریل[1] و مویل[2] حدّاقل ۶۵ گونه برفیتها را یافتند که به وسیلهٔ ۱۲ گونه پرندهٔ بومی در ساخت آشیانه مورد استفاده قرار گرفته بود.

بریوفیتها و سرخسها (فصل ۲۰) تناوب نسلی که خیلی آشکارتر از تناوب نسل موجودات دیگر می باشد ظاهر می نمایند (فصل ۱۲). در خزه ها گیاه برگدار قسمت اصلی نسل گامتوفیت را تشکیل داده تولید گامت می کند و بطور تناوب نسل اسپوروفیت که تولید هاگ می نماید در رأس گامتوفیت برگدار رشد کرده و معمولاً به شکل یک گلدان سرپوش دار و در انتهای پایهٔ باریکی ایجاد می شود.

بریوفیتهایی که در چرخهٔ زندگی، تعداد کروموزومها و زیستگاهها تشابهاتی دارند براساس ساختمان و اختصاصات تولیدمثل به سه زیر ردهٔ مشخّص تقسیم می شوند. هیچ کدام از بریوفیتها ارتباط نزدیکی را با دیگر گیاهان نشان نمی دهند و شواهد فسیلی مدارك بسیار اندکی را جهت نزدیکی سه رده با یکدیگر ارائه می دهند. به همین جهت نظر براین است که هر رده بطور مستقل از اجداد جلبکهای سبز تکامل یافته اند، در نتیجه برخی از متخصّصین رده ها را تا سطح شاخه ارتقا می دهند.

شاخهٔ بریوفیتها

ردهٔ هپاتیکها[3] ـ جگرآساها

کلمهٔ Wort بسادگی به معنی گیاه یا علف می باشد. در قرون وسطی هنگامی که اصول عقیدتی شدّت یافته بود (فصل ۱)، گیاه شناسان آن روز فکر می کردند که بعضی از بریوفیتها مخصوصاً آنهایی که دارای اندامهای پهن و لوبدار و تا حدی شبیه جگر انسان هستند (شکل ۴-۱۹) برای درمان ناراحتیهای آن عضو مؤثّر می باشند. البتّه هیچ گونه مورد مؤثّری از آنها به ثبوت نرسیده لیکن واژهٔ جگرآسا هنوز در سراسر دنیا برای آنها استفاده می شود.

1- David Breil
2- Susan Moyle
3- Hepaticae

(الف) (ب)

شکل ۴-۱۹ مارکانتیا Marchantia (یک شبه خزهٔ تال‌دار) الف ـ تال با گامتوفورهای نر. ب ـ تال با گامتوفورهای ماده.

ساختمان و شکل

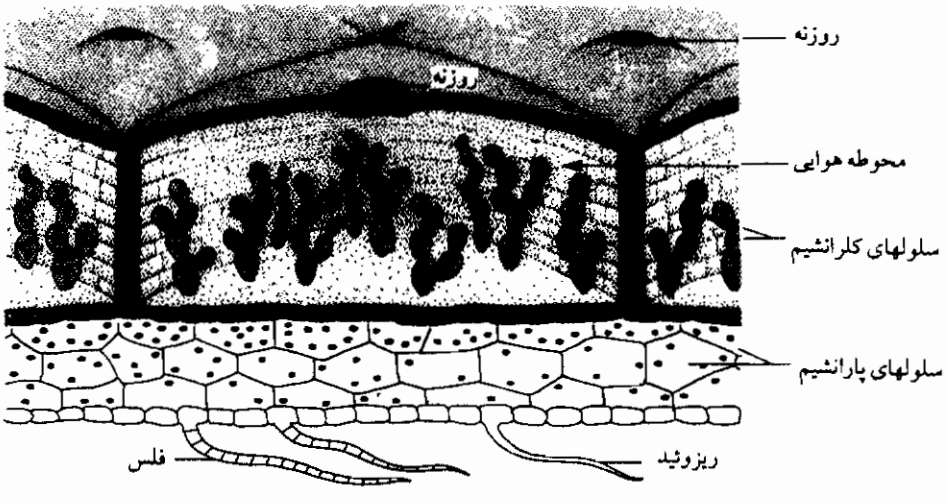
عضو پهن گیاهان جگرآسا *تال* نامیده می شود. اگرچه شبه خزه های تال دار گسترش جهانی دارند لیکن تنها ۲۰ درصد تقریباً ۸ هزار گونهٔ آنها را تشکیل می دهند، بقیّه برگدار بوده و ظاهراً شبیه خزه های حقیقی می باشند. هپاتیکها با خزه های حقیقی در چند ویژگی تفاوت دارند و پیچیدگی آنها به مراتب از خزه ها کمتر است. تال آنها یا مرحلهٔ برگدار (گامتوفیت) که مستقیماً از هاگ تولید می شود در مقایسه با خزه ها سطح فوقانی صاف با علائم و منافذ مختلفی داشته و سطح زیرین دارای تعدادی ریزوئید تک یاخته ای می باشد. ریزوییدها شبیه ریشه های باریکی می باشند و به عنوان نگاه دارنده عمل می کنند. تعدادی از جگرآساها یاخته هایی دارند که در حواشی دیواره های یاخته ای در زوایاضخامت خاصّی را نشان می دهند. تمام تالها در مقایسه با شکل هوایی رشد شکل خوابیده رشد را دارا می باشند.

شاید شناخته ترین هپاتیک بدون برگ یا تالدار جنس مارکانتیا[1] باشد (به افتخار نام گیاه شناس فرانسوی مارکانت[2] (شکل ۴-۱۹). بیشتر گونه های مارکانتیا در خاکهای مرطوب بخصوص در مناطقی که آتش سوزی شده است یافت می شوند. ضخامت تال در نقاط مختلف

1- Marchantia 2- N. Marchant

متفاوت است، در مرکز ۳۰ یاخته ای و در حاشیه حدود ۱۰ یاخته قطر دارد و به صورت دیکاتومی (دو شاخه ای) رشد می کند. هر شاخه در رأس دارای یک شکاف در وسط و یک شیار سرتاسری می باشد که به صورت طولی در زیر شکاف قرار می گیرد. یاخته های مریستمی در این شکافها باعث رشد جدید تال می شوند. بافتهای مسنتر در محلّ شکافها با رشد یاخته های جدید از بین می روند. سطح بالایی تال به قطعات چند وجهی لوزی شکل تقسیم می شود که خطوط حواشی آنها محدودهٔ اتاقهای زیر سطح را مشخّص می نماید. هر قطعه دارای یک منفذ بر جستهٔ کوچک پهلودار می باشد که به داخل باز می شود.

با مطالعهٔ مقطع تال توسّط میکروسکپ، منظره ای شبیه باغی از کاکتوس که بر روی دیواره های سنگی و زینتی آن قرار دارند مشاهده می شود(شکل ۵-۱۹). «دیواره های سنگی» که ممکن است قسمت اعظم تال را تشکیل دهند شامل یاخته های پارانشیمی می باشند که امکان دارد دارای چند کلروپلاست بوده و یا فاقد آن باشند. این بافت ظاهراً در ذخیرهٔ موادّ تولید شده به وسیلهٔ یاخته های دیگر عمل می کند. یاخته های لایهٔ پایینی یک اپیدرم را که از آن ریزوییدها و فلسها ایجاد می شوند تشکیل می دهند. «باغ کاکتوس» دارای ردیفهای عمودی از یاخته های کلرانشیمی درون اتاقکهای هوایی هستند. هر «باغ» جداگانه به وسیلهٔ دیواره های عمودی احاطه شده است و با لایهٔ گنبدی شکلی از یاخته های اپیدرمی پوشیده می شود. درمرکز هر «سقف» منفذ واضحی تا حدّی شبیه بشکهٔ معلّق و کوتاه با دو انتهای باز وجود دارد. منفذ همیشه باز می ماند.



شکل ۵-۱۹ مقطعی از بخشی از مارکانتیا .

مارکانتیا* ـ تولید مثل غیر جنسی

تولید مثل غیر جنسی مارکانتیا توسّط گما[1] صورت می گیرد. اینها گروه یاخته هایی هستند که بافتهای عدسی شکلی را تشکیل می دهند که می توانند از تال جدا شوند. گماها درون فنجان گما به فواصلی در سطح بالایی گامتوفیت هپاتیک قرار می گیرند (شکل ۶-۱۹). قطرات باران ممکن است گما را تا فاصله یک متر پرتاب نماید. گما هنگامی که درون فنجان قرار دارد از رشد بیشترش (به وسیلهٔ اسید لونولاریک[2]) جلوگیری می شود، ولی بعد از جدا شدن از فنجان قادر است تال جدیدی را ایجاد کند. علاوه براین، قسمتهای یک تال مسنتر ممکن است مرده و قطعاتی از بافتهای فعّال آن قادرند بطور مستقل به رشد خود ادامه دهند.

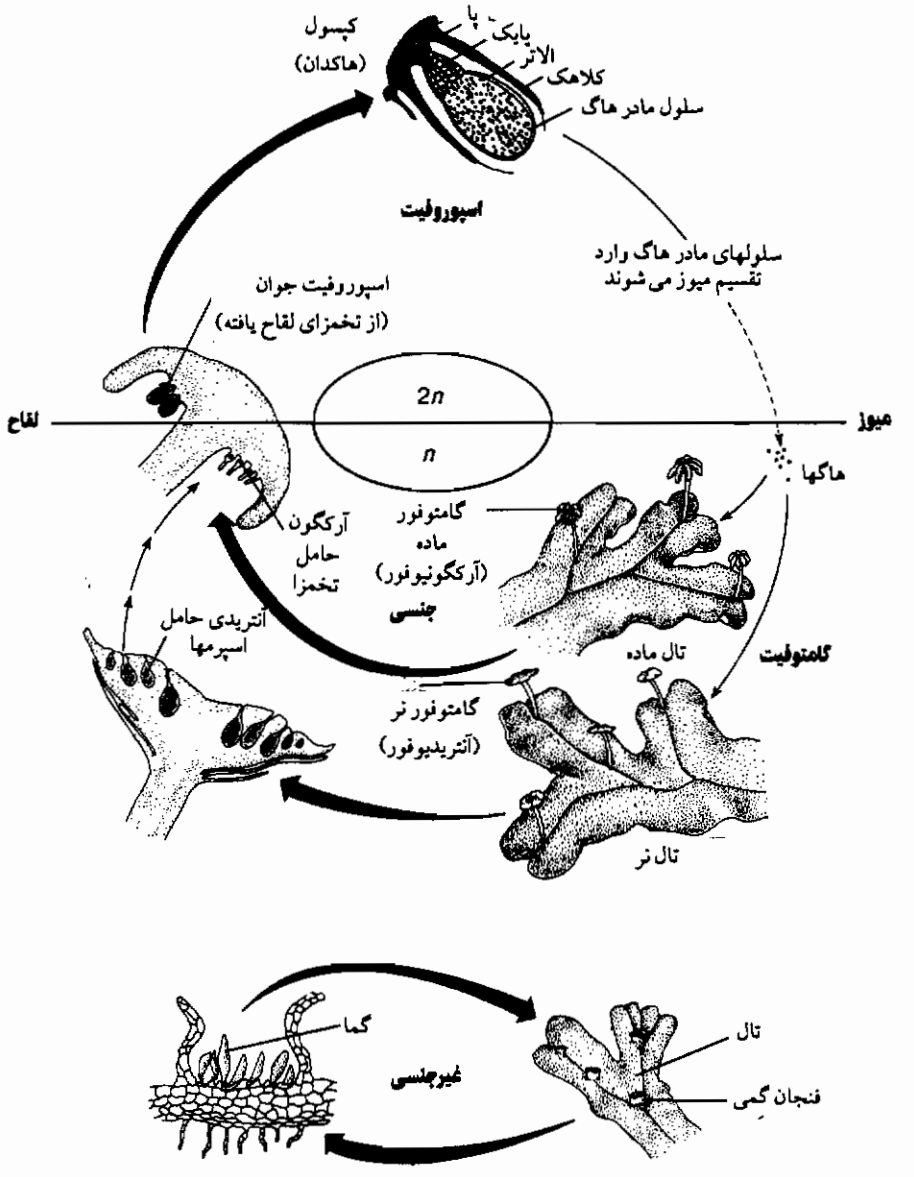
مارکانتیا ـ تولید مثل جنسی

مارکانتیا گامتانژهایی را تولید می نماید که نسبت به گامتانژهای دیگر جگرآساها تخصصیتر می باشند. گامتانژهای نر و ماده روی گامتوفیتهای مجزّا تولید می شوند و هردو گامتانژ نر و ماده روی گامتوفور تشکیل می شود (شکل ۶-۱۹). گامتوفورها ساختمانهای چتر مانندی هستند که بر روی پایهٔ باریکی بالا آمده از شیار مرکزی تال قرار گرفته اند. نوك گامتوفورنر یا آنتریدیوفور[3] صفحه ای شکل با حاشیهٔ لوبدار می باشد، درحالی که گامتوفور ماده یا آرکگونیوفور[4] به پرّه های یک چرخ شباهت دارد. آنتریدی های چوگان مانند که هرکدام حامل تعداد زیادی اسپرم هستند به صورت ردیفهایی بلافاصله زیر سطح بالایی آنتریدیوفور تولید می شوند. در حالی که آرکگنها، گامتانژهای کوزه ای شکل ماده که دارای یک تخمک هستند، همچنین به صورت ردیفی ایجاد شده و گردن آنها در زیر پرّه های آرکگونیوفور و به سمت پایین آویزان است. قطرات باران گاهی اسپرمهای پر تاژه را تا فاصلهٔ بیش از نیم متر پرتاب می کند. لقاح قبل از این که رشد پایهٔ آرکگونیوفور متوقّف شود صورت می گیرد.

---

* نام علمی جنسMarchantia به اشتباه مارکانسیا تلفظ می شود (مترجم)

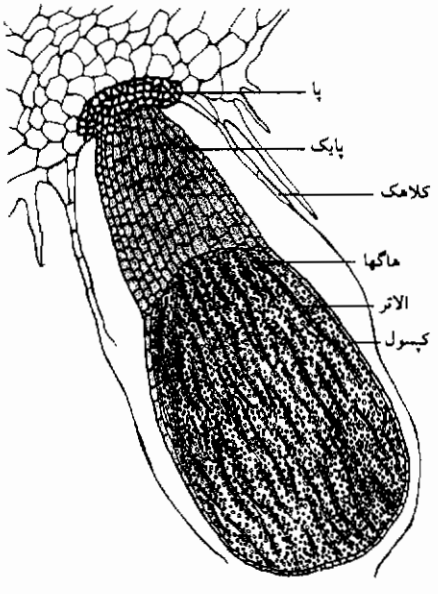
1- Gemma (جمع : Gemmae)
2- Lunularic acid
3- Antheridiophore
4- Archegoniophore



شکل ۶-۱۹ چرخهٔ زندگی شبه‌خزهٔ تال‌دار مارکانیتا

پس از لقاح زیگوت به صورت یک جنین (اسپوروفیت نابالغ) چند یاخته ای رشد می کند. اسپوروفیت (دیپلوییید، مرحله تولید کنندهٔ هاگ) که در بافت آرککلونیوفور فرو رفته

است به وسیلهٔ یک پای دکمه ای شکل و همچنین یک پایهٔ ضخیم کوتاه بنام پایک به صورت معلّق آویزان است . بخش اصلی اسپوروفیت که از آن بافتهای مختلف ایجاد می شود کپسول نام دارد. بطور کلّی اسپوروفیت جگر واشها بدون روزنه است. یک نوع بافت مخصوص درون کپسول سلّولهای ما در هاگ است که میوز انجام داده و تولید هاگهای هاپلوییدی را که می کند. در حالی که در یاخته های دیگر بافت میوز صورت نمی گیرد و دیپلوییدی باقی می مانند و درعوض به شکل رشته های دراز و باریک که به آنها الاتر [1] گفته می شود تکامل می یابند (شکل ۷-۱۹). الاترها که دارای بخش ضخیم و مارپیچی هستند، به تغییرات رطوبت حسّاس می باشند، در نتیجهٔ این تغییرات پیچهای آنها باز و بسته می شود. الاترها در گونه های مارکانتیا به پراکنش هاگها کمک می کنند. در اسپوروفیتهای دیگر جگر واشها الاترها به وسیلهٔ حرکات سریع و یا انبساط ناگهانی، به توزیع هاگ کمک می کنند. اسپوروفیت جوان زمان بلوغ به وسیلهٔ بافت کلاهکی بنام کالیپترا [2] که از گامتوفیت و غشاهای دیگر پوشش دهندهٔ کپسول رشد می کند محافظت می شود. هنگام بلوغ، کپسول شکوفا شده و هاگها با جریان هوا پراکنده می شوند. در شرایط مناسب هاگها جوانه زده و تولید گامتوفیت جدید می نمایند.



شکل ۷-۱۹مقطع طولی اسپوروفیت مارکانتیا.

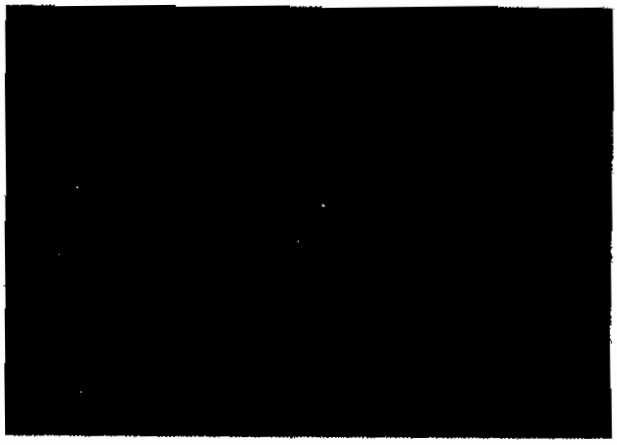
1- Elater 2- Calyptra

در آشکال دیگر جگرواشهای شناور و یا دو زیست گامتوفور تولید نمی شود به جای آن آرکگنها و آنتریدیها، درون تال زیر شیار مرکزی تولید می شوند همان محلّی که اسپوروفیت تشکیل می شود. هاگها از اسپوروفیت شناور هنگامی که تال از بین می رود رها می شوند.

جگرواشهای برگدار

جگر واشهای برگدار (شکل ۸-۱۹) که غالباً به فراوانی در جنگلهای گرمسیری و نواحی مه آلود یافت می شوند همیشه دارای دو ردیف برگ هستند و برگها کمی روی هم قرار دارد. یافته های برگها دارای اجسام روغنی مشخّصی می باشند. برگها فاقد رگ برگ اصلی بوده و برخلاف برگهای خزه ها غالباً دارای لوبها و چین خوردگیهایی می باشند. در مناطق گرمسیری لوبها تشکیل کیسه های آب کوچکی را می دهند که تقریباً همیشه جانوران کوچک درون آنها ظاهر می شوند. پیشنهاد شده که این کیسه های آب همانند کوزه برگهای کوزه ای (گیاه حشره خوار) می باشند (فصل ۷). ردیف سوّمی از برگها که از نظر اندازه از برگهای دیگر کوچکترند و از بالا دیده نمی شوند، غالباً در سطح پایینی جگر واشهای برگدار وجود دارد. تعدادی ریزویید که عمل نگاه دارنده را دارند از محور ساقه مانند در پایهٔ برگهای زیرین ایجاد می شوند. ارکگونها و آنتریدیهای جگر واشهای برگدار در ساختمانهای فنجانی شکلی که از تعدادی برگهای تغییر شکل یافته ایجاد می شوند تولید شده و یا در زاویهٔ بین برگها ایجاد می شوند. هنگام بلوغ کپسول اسپوروفیت ممکن است با رشد طولی پایک از میان برگها بیرون آید. هنگامی که یک هاگ جوانه می زند تولید یک پروتونما[1] می کند که دارای تعدادی سلّولهای فتوسنتزی است و به شکل ریسه است. پروتونما بزودی به شکل گامتوفیت جدید رشد می نماید.

1- Protonema



شکل ۸-۱۹ خزهٔ پورلا (Porella) یك شبه خزهٔ برگدار .

ردهٔ آنتوسروتا[1] ـ شبه خزه های شاخدار[2]

ساختمان و شکل

شبه خزه های شاخدار که نام متداول خود را از شباهت اسپوروفیتهای بالغشان به شاخ گاوهای مینیاتور گرفته اند دارای گامتوفیت مدّوری هستند به ظاهر شبیه گامتوفیتهای جگر واشهای تالدار، قطر گامتوفیت آنها بندرت از ۲ سانتیمتر تجاوز می کند. اگرچه بعضی از آنها روی کندهٔ درختان می رویند ولی اکثراً در خاکهای مرطوب و نواحی سایه دار یافت می شوند. حدود ۱۰۰ گونه از آنها در سراسر دنیا وجود دارد ولی آنها در مناطق شمالی متداول نیستند. شبه خزه های شاخدار از چند جهت با جگر واشها و خزه ها تفاوت دارند. بنابراین ارتباط خویشاوندی خیلی کمی با آنها دارند. تفاوتها شامل معمولاً حضور تنها یک کلروپلاست درشت در هر یاخته (کلروپلاستها در یاخته های تعدادی گونه ها تا ۸ عدد افزایش می یابد) و وجود پیرتوییدی شبیه پیرنویید جلبکهای سبز در هر کلروپلاست می باشد. روزنه ها و اتاقکهای گامتوفیت برخلاف محفظه های جگرواشهای دیگر که پُر از هوا می باشند پُر از موادّ موسیلاژی هستند. باکتریهای سبز ـ آبی* تثبیت کنندهٔ ازت غالباً روی موسیلاژها رشد می نمایند. ریزوییدها گیاه را به سطح می چسبانند.

1- Anthocerotae

2- Hornworts

* همان جلبکهای سبز ـ آبی است. مترجم.

تولیدمثل غیرجنسی

تولیدمثل غیرجنسی در شبه خزه های شاخدار از طریق قطعه قطعه شدن یا جداشدن لوبها از بخش اصلی *تال* صورت می گیرد . در بعضی نمونه ها غدّه های کوچکی که قادرند تبدیل به گامتوفیت جدید بشوند تشکیل می گردد .

تولیدمثل جنسی

در تولید مثل جنسی آرکگنها و آنتریدیها به صورت ردیفی درست زیر سطح بالایی گامتوفیت تولید می شوند . بعضی از گونه های شبه خزه های شاخدار مانند خزه ها و جگرواشها تک جنسی اند در حالی که گونه های دیگر دو جنسی می باشند . اسپوروفیت آنتوسروتا دارای روزنه های کاملاً مشخّصی می باشد . آنها پا یک نداشته و شبیه دستهٔ جاروب سبز رنگ کوچک و یا مانند شاخهایی هستند که از میان یک غلاف انتهایی و از محلّ پا که در زیر سطح تال قرار گرفته بیرون می آیند (شکل ۹-۱۹) . یک مریستم در بالای پا بطور مستمر در شرایط مطلوب برطول اسپوروفیت از پایین می افزاید . همزمان یاخته های ما در هاگ که حول محور عصایی شکل مرکزی قرار گرفته اند تولید هاگ می کنند . نوك شاخ اسپوروفیت ازطریق شکافهای طولی به ۲ یا ۳ قطعه نواری شکل تبدیل می شود . ازطریق شکافها هاگها رها شده و مادام که مریستم در پایه ایجاد بافتهای جدید را می کند نوارها از نوك شبیه پوسته از کپسول جدا می شوند .

ردهٔ خزه ها[1]

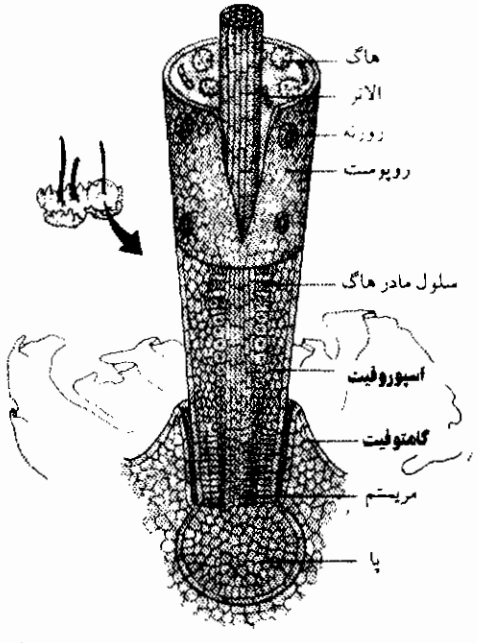
ساختمان، شکل و زیر رده ها

موجودات زندهٔ بسیار متفاوتی خزه نامیده شده اند . در حقیقت تقریباً هر موجود سبزی که روی سطح جنگلها و یا تنهٔ درختان را بپوشاند به احتمال زیاد یک زمانی خزه نامیده شده است . مثالها عبارتند از گل سنگها (خزهٔ گوزنی)، جلبکهای قرمز (خزهٔ ایرلندی)، گیاهان گلدار (خزهٔ اسپانیایی) و خزه های چوگانی . مثال آخر آشکارا شبیه خزه های حقیقی بزرگ است ولی دارای آوندهای چوب و آبکش می باشد، بنابراین، از گیاهان آوندی می باشد . حدود ۱۵ هزار گونه از خزه ها تا کنون شناخته شده است . خزه ها به سه زیر ردهٔ مهم تقسیم می شوند

1- Musci

که نامهای متداول آنها عبارت است از، خزه های خاك برگی (تورپ)[1]، خزه های حقیقی و خزه های صخره ای. بطوری که در ادامهٔ بحث نشان داده خواهد شد، خزه ها در شکل و تولیدمثل و تا حدودی از نقطه نظر منشأ، با دیگر گروهها متفاوتند.

(الف)

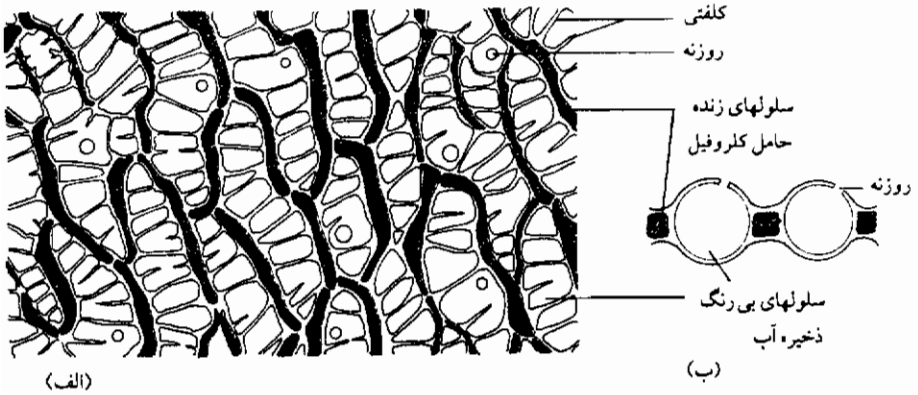


(ب)

شکل ۹-۱۹ الف ـ شبه خزهٔ شاخدار. ب ـ جزئیات اسپوروفیت شبه خزهٔ شاخدار.

1- Peatmoss

برگهای گامتوفیت خزه در فقدان بافت مزوفیل، روزنه، و رگ برگ با برگ بیشتر گیاهان پیشرفته تفاوت دارند. یاخته های برگ خزه همچنین هاپلوییدی می باشند. پهنک برگ تقریباً همیشه فقط یک یاخته ضخامت دارد جز در رگ برگ میانی که ضخیمتر بوده و به صورت یک خط طولی در وسط برگ قرار می گیرد. برگها لوبدار نیستند و بدون دم برگ می باشند. در بعضی از جنسها رگ برگ میانی وجود ندارد و در بعضی دیگر در نوک برگ زایده ای به شکل مو یا خار ایجاد می کند. یاخته های برگ معمولاً دارای تعدادی کلروپلاست عدسی شکل می باشند بجز یاخته های رگ برگ میانی. برگهای خزه های خاك برگی یاخته های شفّاف (بدون کلروپلاست) جهت ذخیرهٔ آب دارند که با جذب و ذخیرهٔ آب سازش کرده اند. این یاخته ها همراه با یاخته های سبز فتوسنتزی هستند که بین آنها قرار گرفته است (شکل ۱۰-۱۹). برگها که ابتدا سه ردیفی می باشند در حین رشد و در نهایت به نظر به صورت حلزونی (مارپیچی) یا متناوب ظاهر می شوند.



شکل ۱۰-۱۹ یك قطعه از برگ خزه مرداب (Sphagnum) بزرگ شده است. الف ـ منظرهٔ سطحی. ب ـ مقطع عرضی بزرگ شده سلّولهای زنده و مرده.

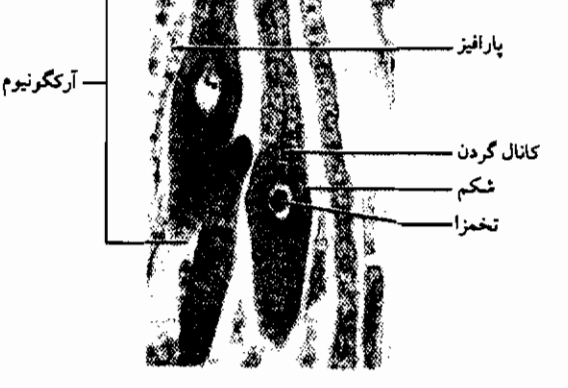
محور اصلی تا حدودی شبیه ساقه می باشد ولی فاقد آوندهای چوب و آبکش می باشد، اگرچه هیدروییدها به شکل یک رشته در مرکز ظاهر می شوند و ظاهراً با یاخته های بافتهای اطراف تفاوت دارند. در پایه ریزوییدهای ریشه مانند قرار گرفته اند که محتوی چندین ردیف سلّولهای بی رنگ می باشند. اوّلین نقش ریزوییدها اتصال گیاه به تکیه گاه می باشد. اگرچه مقداری از آب جذب شده به وسیلهٔ ریزوییدها از رشتهٔ مرکزی بالا می رود لیکن بیشتر آب

در گیاه ظاهراً در اثر خاصیّت مویین بالا می رود. رشد فشردهٔ خزه ها و این که آنها به ندرت از چند سانتیمتر تجاوز نمی کنند باعث می شود حرکت خارجی آب بهتر صورت گیرد. این آب مستقیماً به وسیلهٔ گیاه جذب می شود.

تولید مثل جنسی

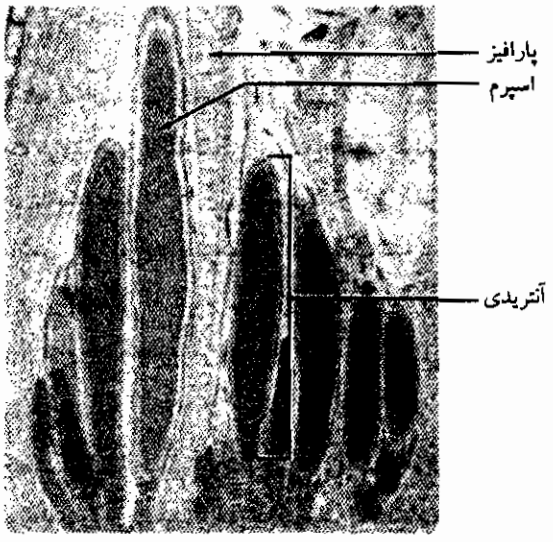
تولید مثل جنسی در خزه ها ابتدا با تشکیل گامتانژهای چند یاخته ای در رأس ساقهٔ برگدار گامتوفیت شروع می شود (شکل ۱۳-۱۹)، اگرچه این دستگاهها ممکن است در انشعابات مجزّا ایجاد شوند. گامتانژهای نر و ماده غالباً در یک گیاه تولید می شوند ولی در تعدادی از گونه ها در گیاهان گوناگون ایجاد می شوند.

آرکگونها که گامتانژ ماده محسوب می شوند تا حدّی استوانه ای بوده و از قسمت پهن پایین گامتوفیت به سمت بالا کشیده شده اند (شکل ۱۱-۱۹). یاخته های ویژه ای در شکم و قسمت پایین و حجیم آرکگن تجزیه شده و نهایةً یک سلّول تخم زا درون حفره باقی می ماند. بخش بالایی شکم آرکگن گردن نامیده می شود. گردن در رأس نوك تیز شده و دارای یک کانال باریک می باشد. کانال در ابتدا به وسیلهٔ یاخته هایی پوشیده شده است ولی در آرکگن بالغ این یاخته تجزیه شده و در نوك روزنه ای به سمت خارج باز می ماند. تعدادی آرکگن به همراه رشته های کرك مانند نازا و چند یاخته ای بنام پارافیز که در اطراف آنها تجمعّ می کنند در یک زمان تولید می شوند.



شکل ۱۱-۱۹ یك مقطع طولی از نوك گامتوفیت مادهٔ خزهٔ منیوم (Mnium).

گامتانژهای نر که همچنین در بین خود پارافیز دارند یا به شکل سوسیس بوده و یا نزدیک به کروی هستند و دیواره هایی دارند که فقط یک یاخته ضخامت دارد. این آنتریدیها (شکل ۱۲-۱۹) در پایهٔ کوتاهی ایجاد می شوند. تودهٔ بافت درون هر آنتریدی تعدادی سلّولهای اسپرم حلقوی و ویرگول مانند ایجاد می کند. این تودهٔ اسپرم از بالای آنتریدی هنگامی که با جذب آب متورّم شده است رها می شود. بعد از رهایی، تودهٔ اسپرم به سلّولهای انفرادی که هرکدام یک جفت تاژك دارند تفکیک می شود. عقیده براین است که تفکیک تودهٔ اسپرم گاهی به کمک چربی تولید شده به وسیلهٔ خزه، صورت می گیرد در حالی که در بعضی نمونه ها بارش باران باعث این عمل می شود.



شکل ۱۲-۱۹ یك مقطع طولی از نوك گامتوفیت نر خزهٔ منیوم (Mnium) .

آرکگنها قند، پروتئین، اسید و موادّ دیگر را آزاد کرده و بدین طریق اسپرمها را جذب می کنند. سرانجام یک اسپرم پس از عبور از کانال گردن آرکگن با تخم زا ترکیب شده و تشکیل سلّول تخم دیپلوییدی را می دهد (شکل ۱۳-۱۹). تخم معمولاً بسرعت به یک جنین دوکی شکل تبدیل می شود. جنین یاخته های پایین آرکگن را تجزیه کرده و به وسیلهٔ گره برآمده ای بنام

پا درون بافت ساقه به محکمی قرار می گیرد. همزمان با رشد جنین، یاخته های اطراف شکم تقسیم شده و بدین طریق خود را با افزایش حجم جنین وفق می دهند. طول جنین بزودی از طول حفرهٔ شکمی تجاوز می کند. در این زمان جنین، تولید اسپوروفیت را می کند. کلاهک پرمانندی بنام کالیپترا تا بلوغ اسپوروفیت باقی می ماند. در یک جنس با نام متداول «خزهٔ آتش خاموش کن» کالیپترا شبیه یک سر شمع خاموش کن کوچک می باشد. در خزه های باصطلاح «کلاه مویی» کالیپترا شبیه یک کلاهک پوست بزی نقطه دار مینیاتور است شبیه آنچه که به وسیلهٔ یک هنرپیشهٔ شکسپیری پوشیده می شود.

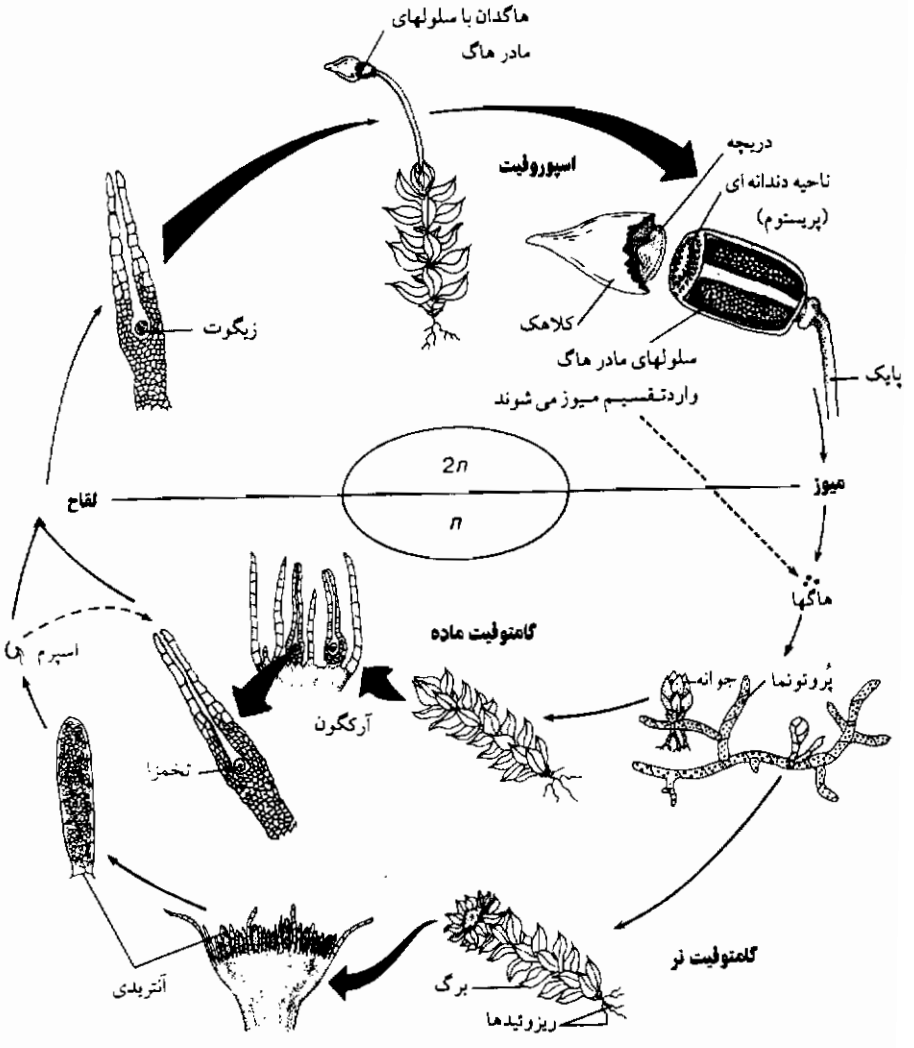
یاخته های اسپوروفیت به موازاتی که رشد می کنند فتو سنتزی می شوند و تا بلوغ به همین صورت باقی می مانند. ولی اسپوروفیت برای مقداری هیدراتهای کربن موردنیاز خود به درجات مختلف وابسته به گامتوفیت می باشد به همان صورتی که بخشی از آب و موادّ معدنی خود را از پا جذب می نماید.

اسپوروفیت بالغ که ابتدا سبز و فتوسنتزی است شامل کپسول که در رأس پایهٔ باریکی بنام پایک قرار گرفته است می باشد. پایک ممکن است برحسب گونه کمتر از یک میلیمتر و یا بیش از ۱۵ سانتیمتر طول داشته باشد. دارای معمولاً از ۳ و ۴ تا بیش از ۲۰۰ روزنه در سطح یا نزدیک به سطح می باشد. اگر شرایط خشک بشدّت غالب نشود روزنه ها معمولاً تا هنگام بلوغ کپسول باز می مانند ولی هنگامی که کپسول مسن می شود بطور دایمی بسته می شوند. انتهای آزاد کپسول معمولاً به وسیلهٔ سرپوش لبه دار کوچکی بنام اوپرکولوم[1] که در بلوغ می افتد محافظت می شود.

به موازاتی که کپسول بالغ می شود یاخته های مادر هاگ درون کپسول با تقسیم میوز تولید هاگهای هاپلوییدی را می نمایند. این هاگها که غالباً تعداد آنها به میلیونها می رسد از انتهای آزاد کپسول و پس از افتادن اوپرکولوم از طریق ساختمانی بنام پریستوم رها می شوند. اکثر پریستومها از یک یا دو ردیف دندانه های پرده ای مثلّثی نازك تشکیل شده که اطراف لبهٔ کپسول قرار دارند. هر ردیف دارای ۱۶ دندانه است. دندانه ها بیشتر رنگی و به رنگهای نارنجی یا قرمز یافتن می شوند و اطراف آنها اغلب به طرز زیبایی تزیین شده است. پریستوم نسبت به تغییرات رطوبت حسّاس بوده و با این تغییرات باز و بسته می شوند. در تعداد

1- Operculum

قلیلی از گونه های خزه ها پریستوم ساختمان مخروطی شکلی داشته با منافذی که از طریق آنها هاگها آزاد می شوند.



شکل ۱۳-۱۹ چرخهٔ زندگی یك خزه.

بعضی از خزه های صخره ای فاقد پریستوم و اوپرکولوم می باشند. در این خزه ها هنگامی که کپسول با ۴ شکاف طولی باز می شود هاگها آزاد می گردند. در خزه های مدفوعی هنگامی که هاگها آمادهٔ رها شدن می شوند بوی بدی ایجاد می شود. بعضی از هاگها به پا و بدن مگسها که به وسیلهٔ مدفوع جذب می شوند چسبیده و هنگامی که حشرات خود را تمیز می کنند پراکنده می شوند. هاگهای اکثر خزه ها بسادگی به وسیلهٔ باد پراکنده می شوند و اگر در مکان مرطوبی قرار گیرند معمولاً نسبةً سریع رویش حاصل می نمایند.

در اکثر خزه ها ابتدا لولهٔ رشته ای سبز رنگی که دارای یک ردیف یاختهٔ محتوی کلروپلاست می باشد از هاگها رویش حاصل می نماید، این رشته بزودی رشد کرده منشعب شده و تشکیل پروتونما را می دهد. پروتونما را می توان از یک رشته جلبک سبز به وسیلهٔ دیواره های عرضی که معمولاً متمایل می باشند متمایز نمود و همچنین به وسیلهٔ کلروپلاستها که عدسی شکل می باشند. اگر نور و شرایط دیگر مطلوب باشد جوانه های برگی کوچک در فواصلی در طول رشته پروتونما بعد از گذشت ۳ تا ۴ هفته ظاهر می شوند. این جوانه های برگی در پایه ایجاد ریزوئید نموده و به گامتوفیت برگدار جدید رشد کرده و بدین صورت چرخهٔ زندگی را کامل می نمایید.

تولید مثل غیر جنسی

بعضی از تولید مثلها در خزه ها وابستگی به چرخهٔ جنسی و تناوب نسل آنها ندارند. در شرایط آزمایشگاهی نشان داده شده است که یاخته های آرکگن و آنتریدی، پارافیزها، برگها، انشعابات ساقه، و ریزوئیدها همه قادرند پروتونما ایجاد نمایند. دو زیست شناس آمریکایی بنامهای میلر[1] و آمبروز[2] مجموعه ای از قطعات گامتوفیت بریوفیتها را از بستر برفها در شمالیترین نقطهٔ کانادا جمع آوری نموده و مشاهده کردند که ۱۲ درصد نمونه ها به طرق مختلف در کشت آزمایشگاهی رشد خود را باز یافتند. براین اساس آنها تخمین زدند که در یک متر مکعّب برف بیش از ۴ هزار قطعه بریوفیت وجود دارد که می توانند به گیاه جدید تبدیل شوند. آنها همچنین اعلام کردند که در مناطق شمالی پراکنش بریوفیتها از طریق پخش قطعات به وسیلهٔ باد معمولاً صورت می گیرد. چنین پراکنشی در نواحی معتدل نیز بطور گسترده ای صورت می گیرد.

1- Norton Miller

2- Howe Ambrose

انسان و روابط اکولوژیکی بریوفیتها

بعضی از بریوفیتها و گل سنگها ممکن است پیش گامانی باشند که در سطح صخره های برهنه بعد از فوران آتش فشانی و یا تحوّلات دیگر زمین شناسی و عقب نشینی یخچالها ظاهر شوند. آنها به سادگی موادّ آلی و معدنی را جمع آوری می کنند بطوری که می تواند مورد استفادهٔ موجودات دیگر قرار گیرد (فصل ۲۴). خزه ها بخصوص رطوبت را جذب نموده و آن را تدریجاً به درون خاك آزادمی نمایند. آنها فرسایش خاك را کاهش داده و از سیلاب جلوگیری نموده و باعث تشکیل هوموس خاك می شوند. بعضی از خزه ها فقط در خاکهایی می رویند که از نظر کلسیم غنی می باشند. حضور دیگر خزه ها اشاره به شوری و یا اسیدیتهٔ بالای خاك می نماید.

حضور بعضی از خزه ها در نواحی خشک بیان گر این است که زمانهایی از سال آبهای جاری در آن جا وجود دارد. تعدادی از خزه ها گاهی از طریق مسدود کردن لوله ها مشکلاتی را در مخازن آب ایجاد می نمایند. گزارش شده که تعدادی از خزه ها به همراه گل سنگها در مناطق شمالی توسّط پستانداران علفخوار مورد چَرا قرار می گیرند ولی به طور معمول بریوفیتها خوراکی نیستند. بعضی از خزه ها برای بسته بندی ظروف و پر کردن مبلمان مورد استفاده قرار می گیرند. گزارش شده که آمریکاییهای بومی هنگام بستن استخوانهای شکسته از خزه ها استفاده می کردند.

مهمترین خزه ها برای انسان خزه های خاك برگی (تورب) می باشند. وقتی که به آنها اجازهٔ جذب آب داده شود یک کیلو خزهٔ خشک ۲۵ کیلوگرم آب را جذب می کند. ظرفیت فوق العادهٔ این خزه ها در جذب آب آنها را برای نرم کردن خاك در گلخانه ها و به عنوان مخلوطی با خاك برای پر کردن گلدانها مورد استفاده قرار می دهد. در بسته بندیها و مجموعه های پستی برای ارسال ماهیهای صدفی و دیگر موجودات زنده مورد استفاده قرار می گیرند. همچنین به واسطهٔ طبیعت اسیدیته آنها مانع رشد باکتریها و قارچها شده و خاصیت ضدّعفونی کننده را پیدا می کنند. این ویژگی اخیر در کنار خاصیت جذب فوق العاده آب که حتّی بیشتر از پنبه می باشد آنها را برای یک مادّهٔ ضماد برای استعمال در بستن زخمها مفید می نماید. برای همین منظور در جنگ کریمه[1] درسال ۱۸۵۴ و در جنگ جهانی اوّل (بطوری که در مقدّمه اشاره شد) مورداستفاده قرار می گرفتند. رسوبات گسترده و فراوان خاك برگ باقی مانده از خزه های خاك برگی دورانهای گذشته تشکیل شده و بر جای مانده است. خاك برگ مانند خاك برگ

1- Crimean war

تجزیه نشده در بسیاری از نقاط دنیا به عنوان یک نرم کنندهٔ خاك و همچنین به عنوان سوخت مورد استفاده قرار می گیرد. آنها همچنین در صنایع ویسکی سازی برای بهبود در تخمیر به کار می روند.

خلاصه

۱. اعضایی از سلسلهٔ گیاهی دارای یک لایهٔ کوتیکول بوده و گامتها و هاگهای خودرا درون اندامهای پر یاخته ای ایجاد می کنند که به وسیلهٔ ژاکتی از یاخته های عقیم احاطه شده اند. تخمهای آنها به جنین تبدیل شده و بافتهای تخصّصی برای فتوسنتز، هدایت، نگاه داری، محافظت و تولیدمثل ایجاد می کنند. مرحلهٔ اسپوروفیت چرخهٔ زندگی غالب نمونه های پیشرفته تر سلسلهٔ گیاهی بارزتر می باشد.

۲. هنگام تقسیم یاختهٔ گیاهی صفحهٔ یاخته ای و فراگمو پلاست تشکیل می گردد. صفحهٔ یاخته ای در خارج از این سلسلهٔ گیاهی تنها در جلبکهای سبز و یک جلبک قهوه ای رخ می دهند. شباهت رنگدانه ها، ذخیرهٔ غذایی (نشاسته) و وجود صفحهٔ یاخته ای حدّمشترکی را بین گیاهان و جلبکهای سبز پیشنهاد می نماید که بر مبنای شواهد منشأ آن به ۴۰۰ میلیون سال پیش می رسد، سلسلهٔ گیاهی شامل یک شاخهٔ بریوفیتها و چندین شاخه از گیاهان آوندی است.

۳. بریوفیتها (جگر واشها، شبه خزه های شاخدار و خزه ها) دارای دامنه زیستگاهی از صخرهٔ برهنه در آفتاب سوزان تا شیبهای یخ زده و از سطح دریا تا ارتفاعات بالا دارند. بعضی نظیر آنهایی که روی استخوانها، مدفوع و یا حشرات یافت می شوند زیستگاههای ویژه ای را دارا می باشند. خزهٔ درخشنده جهت زیست به شرایط نور پایینی سازش نموده است.

۴. آب برای تولیدمثل بریوفیتها بسیار ضروری است. علی رغم حضور یاخته های هادی ابتدایی در تعدادی خزه ها بیشتر آب مستقیماً توسّط سطح گیاهان جذب می شود.

۵. شناخته شده ترین شبه خزه های جگرآسا دارای گامتوفیتی است با تال دیکاتومی و پهن، ولی حدود ۸۰ درصد گونه های جگرواشها برگدار می باشند. در جگرواشها سطح بالای گامتوفیت از سطح پایینی متمایز است، در سطح پایینی ریزوییدهای تک یاخته ای وجود دارد که به عنوان نگاه دارنده عمل می نمایند.

۶. تال جگرواش معروف مارکانتیا در سطح بالایی دارای یک شیار طولی و مرکزی است و

به قطعات چند ضلعی تقسیم شده است و هر قطعه دارای منفذی می باشد. زیر هر منفذ یک محوطه است که دارای ردیفهای یاخته های کلرانشیمی است که به سمت بالا متوجه بوده و از یاخته های پارانشیمی آجرمانند دیوارهٔ انشعاب حاصل کرده است. ریزوییدها و فلسها از ردیف پایینی یاخته های پارانشیمی تولید می شوند.

۷. مارکانتیا به وسیلهٔ قطعات بافتی بنام گما تولید مثل غیرجنسی می نماید. گماها به وسیلهٔ قطرات باران از درون فنجانی که در آن تشکیل شده اند به خارج پخش می شوند. تولیدمثل غیرجنسی به وسیلهٔ قطعه قطعه شدن تال نیز صورت می گیرد.

۸. تولید مثل جنسی مارکانتیا به وسیلهٔ آرکگنهای کوزه ای شکل و آنتریدیهای گرز مانند صورت می گیرد. آرکگنها در زیر سطح چترمانند آرکگونیوفور که از تال بالا آمده است و آنتریدیها در نوك صفحه ای آنتریدیوفور ایجاد می شوند. هر آرکگن دارای یک تخمزا و هر آنتریدی محتوی تعدادی اسپرم می باشند.

۹. تخم از اتحاد تخم زا و اسپرم تشکیل شده و اسپوروفیت را به وجود می آورد. کپسول اسپوروفیت به وسیلهٔ پایک دکمه ای شکل که در آرکگونیوفور فرو رفته و از آن کپسولی آویزان می باشد متّصل می باشند. کپسول محتوی یاخته های ما در هاگ است که با انجام تقسیم میوز هاگها وهمچنین الاترهای نوك تیز که میوز انجام نمی دهندرا ایجاد می نمایند.

۱۰. الاترها که پیچ خوردگی دارند در اثر تغییرات رطوبت باز شده و یا ناگهانی رشد کرده و دراز می شوند و در این صورت به پخش هاگها کمک می نمایند. کالیپترا و غشاهای دیگر که از بافت گامتوفیت رشد می نمایند تا زمان شکوفایی کپسول و بلوغ هاگها از آنها محافظت می کنند. هاگها گامتوفیت جدید را ایجاد می نمایند.

۱۱. جگرواشهای برگدار دارای دو ردیف برگ هستند که روی هم قرار می گیرند و همچنین ردیف سومی از برگهای زیرین دارا می باشند که از بالا دیده نمی شوند. برگها غالباً لوبدار بوده و آب باران را نگاه می دارند.

۱۲. شبه خزه های شاخدار دارای یک کلروپلاست به همراه یک پیرنویید در هر یاخته می باشند. گامتوفیت آنها شبیه جگرواشها بوده، ولی اسپوروفیت آنها شاخ مانند بوده و در بالای پا دارای یک مریستم می باشند. تالهای شبه خزه های شاخدار دارای منافذی هستند. همچنین اتاقهای زیر روزنهٔ آنها پر از موادّ موسیلاژی است و غالباً درون آنها باکتریهای سبز آبی رشد می کنند.

۱۳. تولید مثل غیرجنسی در شبه خزه های شاخدار به وسیلهٔ جداشدن لوبهای قسمت اصلی تال انجام می شود. برای تولید مثل جنسی آرکگنها و آنتریدیها، به صورت ردیفی زیر سطح بالایی تال تولید می شوند. نوك اسپوروفیت شاخ مانند به صورت عمودی شکافته شده و هاگها رها می شوند.

۱۴. گامتوفیت یک خزه دارای یک محور است که برگها به آن متّصل بوده و ریزوییدها در زیر آن قرار دارند. برگها هاپلوییدی بوده و فاقد مزوفیل، روزنه و رگ برگ می باشند. آب از سطح گیاه مستقیماً جذب می شود.

۱۵. آرکگنها و آنتریدیهای پریاخته در نوك ساقهٔ برگدار تولید می شوند. هر آرکگن دارای حفرهٔ شکمی است که درون آن تخم زا قرار گرفته و دارای یک گردن است که از طریق آن اسپرم به تخم زا می رسد. اسپرمها درون آنتریدیهای سوسیس شکل تولید می شوند.

۱۶. بعد از لقاح تخم به جنین تبدیل می شود. جنین به وسیلهٔ یک پا که در گامتوفیت فرو رفته به آن متّصل می باشد جنین به یک اسپوروفیت تبدیل می شود، اسپوروفیت شامل کپسول، پایک، کالیپترای کلاهکی شکل (کالیپترا که بخشی از پوشش کپسول می باشد از بافت گامتوفیتی است) و پا می باشد. یاخته های ما در هاگ درون کپسول تقسیم میوز انجام داده و تولید هاگهایی را می کند که از میان دندانه های پریستوم که ساختمانی در رأس کپسول است به خارج رها می شوند.

۱۷. پریستوم به وسیلهٔ یک کلاهک ابتدایی یعنی اوپرکولوم که در زمان بالغ شدن هاگها می افتد حفاظت می شود. هنگامی که هاگهای خزه تندش می کنند پروتونمای رشته ای شکل که روی آن جوانه های برگی ظاهر می شوند ایجاد می شود. جوانه ها به صورت گامتوفیت جدید رشد می کنند. مشاهده شده است که پروتونما می تواند علاوه بر هاگ از بافتهای دیگر خزه نیز ایجاد شود.

۱۸. خزه ها ممکن است پیش گامانی باشند که همراه با گل سنگها روی صخره های برهنه ظاهر شوند. حضور خزه ها شاهدی برای وجود کلسیم، شوری و اسیدی خاك می باشد. آنها عموماً خوراکی نیستند اگرچه تعدادی به وسیلهٔ چهارپایان در مناطق شمالی چرا می شوند. بعضی خزه ها در بسته بندی مواد مفید بوده ولی مهمترین استفاده از خزه های خاك برگی جهت نرم کردن خاك می شود. خزه های خاك برگی می توانند مقدار زیادی آب را جذب نموده و نگاه دارند. خاصیت اسیدیتهٔ طبیعی آنها کیفیّت ضدّعفونی کننده به آنها می دهد.

رسوبات خاك برگی که از ته نشین شدن خزه های خاك برگی در دورانهای گذشته به وجود آمده اند برای سوخت و همچنین نرم کردن خاك مورد استفاده قرار می گیرند.

پرسشهای یادآوری

۱. چه ویژگیهای اساسی اعضای سلسلهٔ گیاهی را از اعضای دیگر سلسله ها متمایز می نمایند.
۲. چه ویژگیهایی پریوفیتها را که در این فصل مورد بحث قرار گرفت از دیگر گیاهان متمایز می نماید؟
۳. شما چگونه می توانید تال یک شبهٔ خزهٔ شاخدار را از تال یک جگر واش تالدار تشخیص دهید ؟
۴. اسپوروفیتهای خزه ها، شبه خزه های شاخدار و جگر واشها را مقایسه نمایید.
۵. پروتونما چیست؟ آیا کلیّهٔ بریوفیتها آن را دارا می باشند چگونه پرتونما را می توانید از یک جلبک سبز تشخیص دهید؟
۶. پریوفیتها چه سازشهایی برای زیستگاههای اختصاصی خود دارند؟
۷. کدام بخشهایی از چرخهٔ زندگی بریوفیتها یاخته های هاپلوییدی و کدام بخشها یاخته های دیپلوییدی دارند؟
۸. چرا برگ بریوفیت از نظر تکنیکی مشابه برگ گیاهان گلدار نیست؟
۹. کالیپترا، اوپرکولوم، کپسول، پریستوم، پارافیز، پا، پایک، آرکگونیوفور، تال، برگهای زیرین والاترها را تعریف کنید.
۱۰. اگر شما خواسته باشید یکی از بریوفیتها را به عنوان مهمترین عضو این شاخه از نظر کاربردش برای انسان انتخاب نمایید. کدام یک را انتخاب می کنید و چرا؟

پرسشهای تشریحی

۱. شواهد فسیلی بسیار ناچیزی از بریوفیتها به دست آمده است، دلایلی را برای آن پیشنهاد نمایید.
۲. آیا اندامهای جنسی پر یاخته ای گیاهان مزایایی را برای آنها در مقایسه با دیگر موجودات دارند؟
۳. بعد از آن که در مورد ویژگیها و کاربردهای خزه های خاك برگی مطالعه نمودید آیا امکان دارد استفاده های جدیدی را برای این گیاهان ارائه دهید؟

۴. بعضی بریوفیتها تولید گامتوفیت تک جنسی می کنند در حالی که دیگر بریوفیتها گامتوفیتهای دو جنسی دارند. آیا یک نوع از این جنسیّتها بر دیگر از نظر افزایش قدرت حیاتی و سازش پذیری مزیتّی دارد؟ توضیح دهید.

منابع اضافی

Clarke, G. C. S., and J. G. Duckett, eds. 1980. *Bryophyte systematics, No. 14.* San Diego, CA: Academic Press, Inc.

Conard, H. S., and P. L. Redfearn, Jr. 1979. *How to know the mosses and liverworts,* 2d ed. Pictured Key Nature Series. Dubuque, IA: Wm. C. Brown Publishers.

Crum, H., and L. E. Anderson. 1981. *Mosses of eastern North America.* New York: Columbia University Press.

Grout, A. J. 1972. *Mosses with hand-lens and microscope.* Bennington, VT: J. Johnson.

Scagel, R. F., et al. 1984. *Plants: an evolutionary survey.* Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.

Schofield, W. B. 1985. *Introduction to bryology.* New York: Macmillan.

Schultze-Motel, W., ed. 1984. *Advances in bryology,* vol. 2. Forestburgh, NY: Lubrecht and Cramer.

Schuster, R. M. 1966–1974. *The Hepaticae and Anthocerotae of North America.* 4 vols. New York: Columbia University Press.

Schuster, R. M. 1983, 1984. *New manual of bryology.* 2 vols. Nichinan, Miyazaki, Japan: Hattori Botanical Laboratory.

Smith, A. J., ed. 1982. *Bryophyte ecology.* New York: Routledge, Chapman and Hall.

Vitt, D. H., and S. R. Gradstein. 1985. *Compendium of bryology.* Forestburgh, NY: Lubrecht and Cramer.

فصل بیستم ـ مقدّمه‌ای بر گیاهان آوندی : سرخسها و خویشاوندان آنها

رؤوس مطالب

برخی از اهداف فراگیری
نظر اجمالی
مقدّمه
شاخهٔ پسیلوفیتا ـ سرخسهای ریش دار
ساختمان و شکل
تولید مثل
شاخهٔ لیکوفیتا ـ خزه های چوگانی و گیاهان ایزوتتز
لیکوپودیوم ـ کاجهای زمینی
ساختمان و شکل
تولید مثل
سلاژنیل ـ خزه های چوگانی
ساختمان و شکل
تولید مثل
ایزوتتزها
ساختمان و شکل
تولید مثل
انسان و روابط اکولوژیکی خزه های چوگانی و گیاهان ایزوتتز
شاخه اسفنوفیتا ـ دم اسبیان ، گیاهان سفیدکننده
ساختمان و شکل
تولید مثل
انسان و روابط اکولوژیکی دم اسبیان و گیاهان سفیدکننده
شاخهٔ پتروفیتا ـ سرخسها
ساختمان و شکل
تولید مثل
خویشاوندان فسیل سرخسها
انسان و روابط اکولوژیکی سرخسها
فسیلها
مقدّمه
قالبها ، فرمها و اثرها
پتریفیکاسیون
کوپرولیتها
فسیلهای بدون تغییر
خلاصه
پرسشهای یادآوری
پرسشهای تشریحی
منابع اضافی

یك نوع سرخس بومی جزایر هاوایی (Dicranopteris emarginata)

فصل بیستم

مقدّمه‌ای بر گیاهان آوندی : سرخسها و خویشاوندان آنها

برخی اهداف فراگیری

۱- شناسایی اساس تفاوتهای ساختمانی بین بریوفیتها و گیاهان آوندی .

۲- تشخیص ۴ شاخه گیاهان آوندی بدون دانه از یکدیگر .

۳- درك اختلاف چرخهٔ زندگی کاجهای زمینی (کیلو پودیوم)، خزه های چوگانی (سلاژنیل) .

۴- فراگیری ویژگیهای ساختمانی اسپوروفیتهای دم اسب (ایکوزتیوم) .

۵- شناخت نحوه تشخیص و توضیح عمل همهٔ ساختمانهای موجود در تناوب نسل سرخس .

۶- یادگیری ۱۰ استفادهٔ مهم از گیاهان آوندی بدون دانه .

۷- تشریح ماهیّت فسیل و تشخیص انواع گوناگون فسیل .

نظر اجمالی

این فصل در ابتدا بطور خلاصه مروری خواهد داشت بر ویژگیهای گروههای اصلی گیاهان آوندی بدون دانه و چگونگی تشخیص آنها از یکدیگر و سپس بر گزیده های هر شاخه مورد بحث قرار می گیرند . محتوی این بحث شامل سرخسهای ریش دار (پسیلوتوم)، خزه های چوگانی (لیکوپودیوم، سلاژنیل)، گیاهان ایزوئیتز، دم اسبیان (ایکوزیتوم) و سرخسها می شو د .

خلاصه روابط اکولوژیکی هریک از این گروهها با انسان و چرخه های زندگی برگزیده های هر گروه ترسیم می شوند. فصل در نهایت با بررسی فسیلها و توصیف هریک از انواع آنها ختم می شود. جدولی که نشان دهندهٔ مقیاسهای دورانهای زمین شناسی باشد ارائه خواهد شد.

مقدّمه

بررسی ما از تمام موجودات که بطور مرسوم گیاه نامیده می شوند تا این جا ما را از موجودات پرو کاریوت تک یاختهٔ ساده تا پروتیستهای اوکاریوت، قارچها و بریوفیتها پیش برده است. اکنون ما چندین شاخهٔ گیاهانی را که دارای بافتهای هادی مرکزی هستند ولی دانه تولید نمی کنند بررسی می کنیم.

همان طور که نشان داده شد در مقدّمه سلسلهٔ گیاهی در فصل قبل اجداد فرضی بریوفیتها و گیاهان آوندی احتمالاً جلبکهای سبز پر یاخته بودند که در حدود ۴۰۰ میلیون سال پیش به خشکی راه یافتند. انتقال زیستگاه به خشکی به وسیلهٔ ظاهر شدن ویژگیهایی نظیر یاخته های نازای محافظ اطراف گامتانژها، رشد جنین با بافتهای محافظ و تشکیل کوتیکول صورت می گیرد که همهٔ اینها از خشک شدن بافتهای زنده جلوگیری می کنند. ولی اگر هر بافت درونی هدایت کننده ای در خزه ها موجود باشد مختصر و جزئی است. آب مستقیماً از طریق بخشهای بالای زمین جذب می شود. به علاوه آب خارجی برای مراحل تولید مثل ضروری بوده است.

در طیّ مراحل نخستین تکامل گیاهان آوندی، بافتهای هادی درونی شروع به تکامل کردند (چوبی و آبکش)، برگهای حقیقی ظاهر شدند و ریشه ها که در عمل جذب علاوه بر نقش تکیه گاهی خود دخالت داشتند ایجاد شدند. در همان زمان گامتوفیتها شدیداً کوچک شده و بیشتر وابسته به اسپوروفیتهای نسبتاً بزرگ شدند که همچنین از گامتوفیتها محافظت می کردند. برخلاف مخروطیان و گیاهان گلدار، گیاهان آوندی ابتدایی که در این فصل مورد بحث قرار می گیرند. دانه تولید نمی کنند. گیاهان بدون دانه شامل سرخسها و تعدادی از خویشاوندان آنهاست که غالباً نزدیکان سرخسها نامیده می شوند.

چهار شاخه از گیاهان آوندی، بدون دانه شناخته شده اند:

۱- شاخهٔ پسیلوفیتا (سرخسهای ریش دار). گیاهان این شاخه بین گیاهان آوندی شاخص هستند به علّت این که اسپوروفیتی دارند که برگ و ریشهٔ حقیقی نداشته و شامل ریزومهایی است که به صورت دوتایی منشعب می شوند.

۲- شاخهٔ لیکوفیتا (خزه های چوگانی و گیاهان ایزوئیتز). ساقهٔ این گیاهان اکثراً با برگهای کوچک (برگهایی با یک انشعاب رگ برگ که اثر برگی آن در استوانهٔ آوندی فاصلهٔ برگی ایجاد نمی کند)، (فصل ۷) فتو سنتزی پوشیده شده اند.

۳- شاخهٔ اسفنوفیتا (دم اسبیان و گیاهان سفیدکننده). اسپوروفیتهای آنها دارای شاخه های شیار داری است که دارای رسوبات سیلیسی و برگهای کوچک فلس مانند فراهم فاقد کلروفیل هستند.

۴- شاخهٔ پتروفیتا (سرخسها). اسپوروفیتهای سرخسها دارای برگ بزرگ (برگهایی که بیش از یک انشعاب رگ برگ داشته و اثر برگی آنها در استوانهٔ مرکزی فاصلهٔ پارانشیمی ایجاد می کند. (فصل ۷) هستند که غالباً درشت و منقسمند.

فسیلهای مورد بحث در پایان فصل اشاره ای در بارهٔ اجداد بعضی از این گیاهان نموده و همچنین چگونگی اشتقاق یافتن گیاهان دانه دار را که در فصل بعد شرح داده می شوند ارائه می دهد.

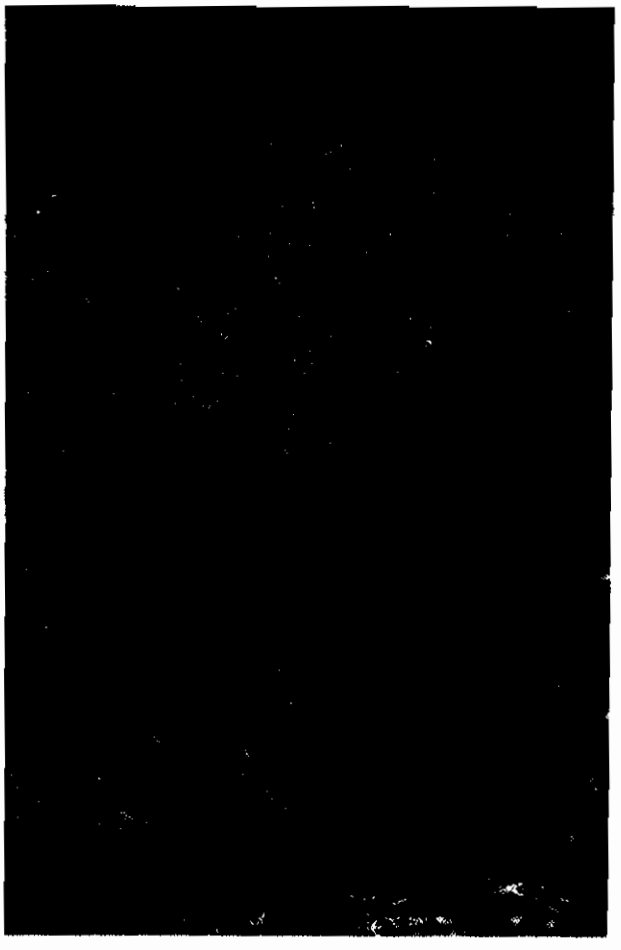
شاخهٔ پسیلوفیتا ـ سرخسهای ریش دار

ظاهر سرخسهای ریش دار، شباهتی به سرخسها ندارد. بطور معمول با نام علمی پسیلوتوم شناخته می شوند ولی کمی شبیه جاروب می مانند و مشخّص نیست که در کجای عالم گیاهی بایستی قرار داده شوند. بطور مرسوم آنها با تعدادی از گیاهان فسیل شده در شاخهٔ پسیلوفیتا قرار داده می شوند. آنها شاید ۴۰۰ میلیون سال قبل به صورت انبوهی زندگی می کردند ولی شواهد فسیلی بر اثبات آن وجود ندارد. بعضی آنها را با سرخسهای حقیقی طبقه بندی کرده اند زیرا گامتوفیت آنها ویژگیهای مشترکی با سرخسهای حقیقی دارند. بر مبنای خصوصیات موجود، آنها ساده ترین گیاهان آوندی هستند و لذا ابتدا بررسی می شوند.

ساختمان و شکل

اسپوروفیتهای پسیلوتومها دارای ساقه ای هستند که به صورت دوتایی (چنگالی) منشعب شده و معمولاً نزدیک به ۳۰ سانتیمتر ارتفاع دارند ولی گاهی ارتفاع آنها به یک متر نیز می رسد (شکل ۱-۲۰). ساقه های قابل دیدن، از ریزوم منشعب کوتاه زیر سطح خاك بالا

می آیند. زواید برگ مانند سبز ظریف، پهن و بدون رگ برگ، به فواصلی در روی ساقه با نظم مارپیچی قرار گرفته اند. ولی پسیلوتوم بین گیاهان آوندی به علّت نداشتن برگ و ریشهٔ حقیقی منحصر به فرد می باشد. در یاخته های خارجی ساقه (روپوست و پوست) فتوسنتز انجام می شود. ساقه دارای استوانهٔ مرکزی چوب است که به وسیلهٔ آبکش احاطه شده است. آوندهای چوب در مقطع عرضی ستاره ای شکل هستند. ریزومها که در سطحشان ریزوییدهای کوتاهی دارند به کمک قارچها که در سلّولهای پوست در زیر اپیدرم نفوذ می کنند عمل ریشه را انجام می دهند.



شکل ۱-۲۰ اسپروفیت پسیلوتوم

تولید مثل

انشعابات زیر خیلی کوتاهی در فواصلی در میان بخشهای بالایی ساقه زاویه دار تولید می شود. شاخه ها به اسپورانژهای کوچکی که به صورت سه تایی به هم متّصل شده و به کدوی مینیاتور زینتی شبیه است منتهی می شود. هاگهای رها شده از اسپورانژها در خاك، روی پوست سرخسهای درختی یا زیستگاههای مشابهی به کندی جوانه می زنند. در هاوایی آنها همچنین روی گدازه های آتش فشانی کهنه رشد می کنند.

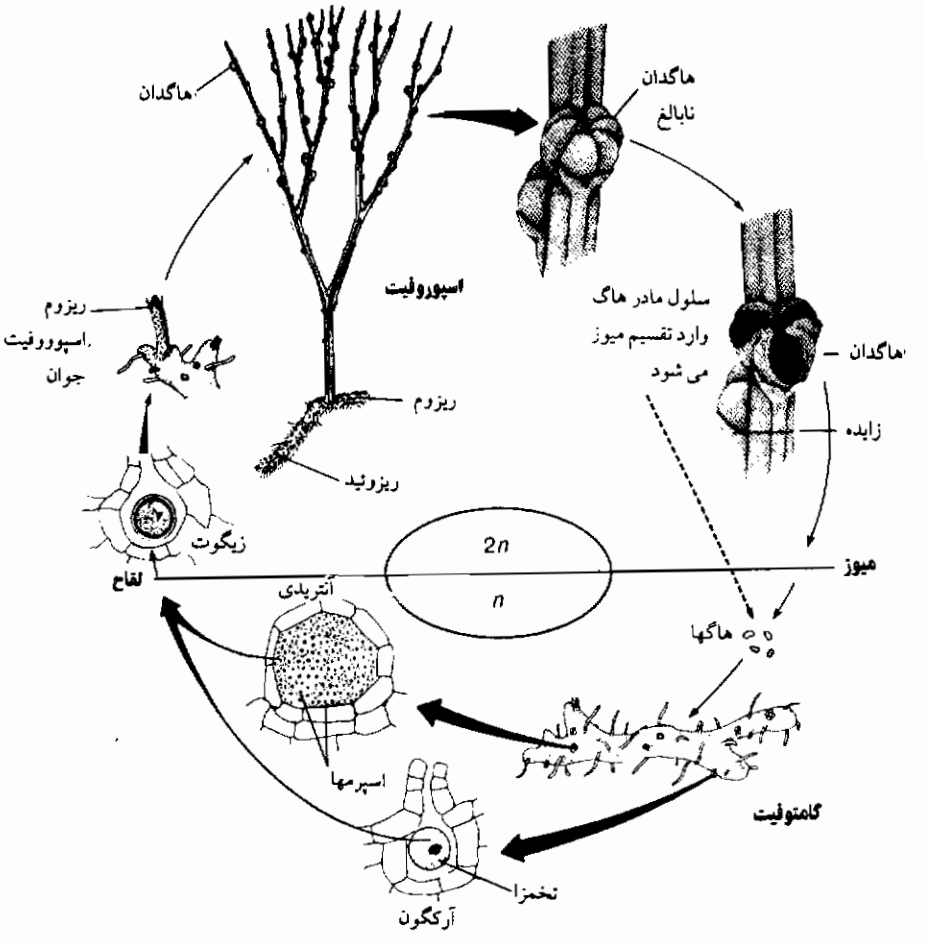
گامتوفیتهایی که در زیر سطح خاك از هاگها ایجاد می شوند بسادگی از دید چشم پنهان می مانند زیرا آنها بی رنگ بوده و حدود ۲ میلی متر قطر دارند. طول آنها به ندرت از ۶ میلی متر تجاوز می کند. این گامتوفیتها که استوانه ای هستند ممکن است به صورت دیکاتومی شبیه ساقه منشعب شوند. گاهی به استخوان سگ کوچک و شفّافی شباهت پیدا می کنند. گامتوفیتها کلروفیل نداشته، ساپروفیت هستند و مواد غذایی خود را در ارتباط با قارچها به دست می آورند. آرکگنها و آنتریدیها بطور تصادفی بر روی گامتوفیت تولید می شوند. پس از این که اسپرم با تخم زا درون آرکگون ترکیب شد زیگوت ایجاد یک پا و یک ریزوم را می کند. به محض این که ریزوم، خود را به کمک قارچهای میکورنز مستقر کرد، ساقهٔ هوایی تولید شده و ریزوم، از پا جدا می شود (شکل ۲-۲۰).

سرخسهای ریش دار به صورت طبیعی عمدةً در مناطق گرمسیری و نزدیک به گرمسیری رشد می کنند. آنها در ایالات متحدهٔ آمریکا (فلوریدا، لونیریانا، تکزاس، اریزونا و هاوایی) دیده می شوند. بطور وسیعی در ژاپن و جاهای دیگر دنیا کشت گلخانه ای می شوند. یک خویشاوند نزدیک آنها تمزیپتریس[1] می باشد که زواید برگ مانند ایجاد نموده و در استرالیا و حواشی اقیانوس آرام وجود دارد.

گیاهان فسیلی شبیه سرخسهای ریش دار در تشکیلات زمین شناسی سیلورین پیدا شده است (جدول ۱-۲۰). همان طور که در مقدمهٔ سرخسهای ریش دار گفته شد، این تشکیلات زمین شناسی تخمین زده می شود که حدود ۴۰۰ میلیون سال قدمت داشته باشد. یک گروه از این گیاهان فسیل شده که نمونهٔ آن رینیا[2] می باشد (شکل ۲۲-۲۰) شاخه های برهنه ای با اسپورانژهای دوکی شکل (انتهایی) داشته است. گروه دوم فسیلها بنام

1- Tmesipteris 2- Rhynia

زوستروفیلوم[1] اسپورانژهای تا اندازه‌ای کروی داشته است که در قسمتهای بالایی ساقهٔ عریان تولید می شده است. زوستروفیلوم و نزدیکانش ابتدا در دوران دونیان ظاهر شده اند. آنها اجداد احتمالی خزه های چوگانی هستند که در قسمت بعد شرح داده می شوند.



شکل ۲-۲۰ چرخهٔ زندگی پسیلوتوم

1- Zosterophylum

جدول ۱- ۲۰ دورانهای زمان‌بندی شدهٔ زمین‌شناسی

Era	Period	Age	Earliest Evidence of Plants	Duration (millions of years)	Million Years before Present
Cenozoic	Quaternary	Age of Modern Seed Plants		63	
	Terliary				65
Mesozoic	Cretaceous		grasses flowering plants	65	130
	Jurassic	Age of Ancient Seed Plants		45	175
	Triassic			45	220
Paleozoic	Permian		ginkgoes conifers	50	270
	Carboniferous			80	
	Devonian	Age of Spore-Bearing Plants	seed ferns lycopods horsetails bryophytes	50	350
	Silurian	Age of Bacteria and Algae		40	400
	Ordovician			60	440
	Cambrian			100	500
	Precambrian		marine algae	1,700?	600 2,300?

سرخسهای ریش دار اهمیّت اقتصادی کمی دارند. هاگهای آنها که کمی روغنی هستند در گذشته به وسیلهٔ مردمان هاوایی جهت کاهش سوزشهای جلدی استفاده می شد. آنها همچنین مایع ضدّ یبوستی از طریق جوشاندن سرخسهای ریش دار به دست می آوردند.

شاخهٔ لیکوفیتا ـ خزه های چوگانی و گیاهان ایزوئیتز

در یک مورد وقتی که جوان بودم، پدرم به وسیلهٔ گزارشگر یک روزنامه در یکی از شهرهای بزرگ آمریکا مصاحبّه می شد. در پایان این کار که در یک اتاق هتل به همراه بقیّهٔ اعضای خانواده صورت می گرفت، گزارشگر یک دوربین خبری عکاسی را تنظیم کرد و گفت که می خواهد از تمام افراد خانواده عکس بگیرد. بعد از آن که ما را برای برداشتن عکس مرتب کرد از جیبش شیشهٔ کوچکی را بیرون آورد و مقدار کمی پودر در کنار میلهٔ فلزّی متّصل به یک جسم به شکل (T) در دوربین ریخت. سپس او به ما گفت که لبخند بزنید. لحظه ای بعد یک نور خیره کننده به همراه موجی از دود به وجود آمد. من بعد متوجّه شدم که پودر فلاش (قبل از پیدایش لامپ مخصوص) که او استفاده کرد شامل میلیونها هاگ متعلّق به گیاهان آوندی ابتدایی بنام خزهٔ چوگانی بوده است.

بطور تقریبی ۹۵۰ گونه شناخته شده خزه های چوگانی به حدّ کافی شبیه خزه های حقیقی درشت می باشند که باعث شده گیاه شناس بزرگ سوئدی یعنی لنه آنها را باهم در یک طبقه (رده) قرار دهد. پس از آن که جزئیات ساختمان و شکل خزه های چوگانی شناخته شد مشخّص گردید که آنها ارتباطی با خزه های حقیقی ندارند.

امروزه دو جنس بزرگ و دو جنس کوچک از خزه های چوگانی وجود دارد (بقیّه در ۲۷۰ میلیون سال قبل از بین رفته اند). اسپوروفیتهای آنها دارای برگهایی بنام میکروفیل است که معمولاً (ولی نه همیشه) کاملاً کوچک هستند (فصل ۷). آنها همچنین ساقه و ریشهٔ حقیقی دارند.

دو جنس بزرگ خزه های چوگانی با اعضای زنده اش عبارتند از لیکوپودیوم[1] با حدود ۵۰ گونه، و سلاژنیل[2] با بیش از ۷۰۰ گونه. آنها گرچه در مناطق گرمسیری و نواحی پرباران معتدله فراوانترند ولی سراسر دنیا گسترش دارند.

1- Lycopoduim 2- Selaginella

لیکوپودیوم ـ کاجهای زمینی ـ پنجه گرگها

ساختمان و شکل

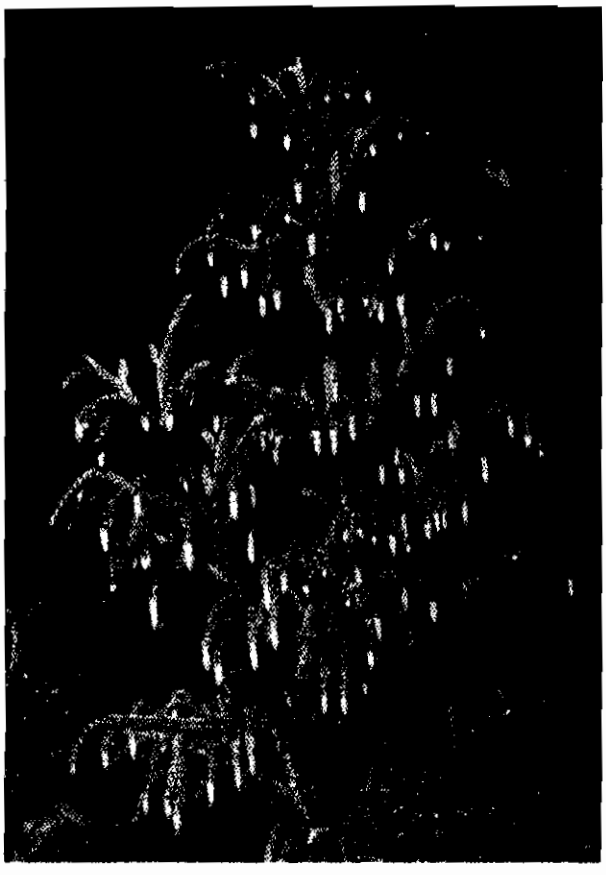
گیاهان لیکوپودیوم که غالباً در کف جنگلها رشد می کنند عموماً به کاجهای زمینی معروفند، زیرا آنها تا حدودی شبیه کاجهای کریمس کوچک هستند و دارای مخروطهایی می باشند که در بعضی گونه ها برافراشته است و در تعدادی به سمت پایین آویزان می باشد (شکل ۳-۲۰). اسپوروفیتهای کاجهای زمینی دارای ساقهٔ ساده یا منشعب می باشند و غالباً کمتر از ۳۰ سانتیمتر ارتفاع دارند، اگرچه گونه های گرمسیری ممکن است تا ارتفاع ۱/۵ متر یا بیشتر نیز برسند. ساقهٔ راست و در بعضی اوقات آویزان آنها از ریزومهایی که منشعب نیز هستند تولید می شوند. برگهای آنها ممکن است به صورت فراهم و یا مارپیچ فشرده بوده و طول آنها معمولاً از یک سانتیمتر تجاوز نمی کند. ریشه های نابه جا از ریزوم ایجاد می شوند. بسیاری از یاخته های بشره ریشه، تولید تارهای کشنده می کنند (فصل ۵).

تولید مثل

بعضی گونه های کاجهای زمینی در بلوغ تولید اسپورانژهای لوبیایی شکلی می کنند که روی پایهٔ کوتاهی در محورهای تعدادی از برگها قرار دارند. چنین برگهایی اسپوروفیل نامیده می شوند. در گونه های دیگر، اندازهٔ اسپوروفیل کوچک شده، کلروفیل را از دست داده، و در ساختمانهای مخروطی شکل انتهایی متراکم می شوند. اینها استروبیلوس[1] یا مخروط نامیده می شوند.

یاخته های مادر هاگ درون اسپورانژها میوز انجام داده تولید هاگهایی را می کنند که پس از رها شدن به وسیلهٔ جریان هوا پراکنده می شوند. هاگهای برخی گونه ها اگر در مکان مناسبی قرار گیرند تندش می کنند. گونه های دیگر تولید هاگهایی را می کنند که ممکن است تا چند سال هم تندش نکنند. هنگام تندش هاگها، تولید گامتوفیتهای مستقلّی را می کنند که به اشکال گوناگون گاهی شبیه هویج کوچک به نظر می رسد که بیشتر و یا تمام گامتوفیت در زیر خاك رشد می کند.

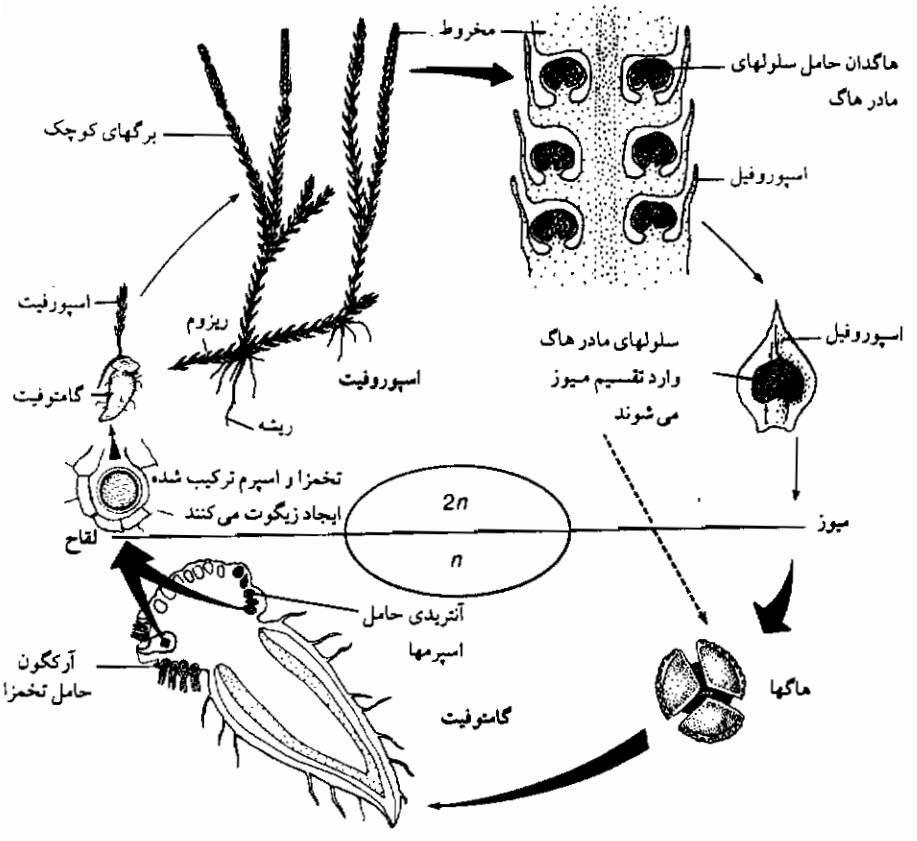
1- Strobilus (جمع : Strobili)



شکل ۳-۲۰ لیکو پودیوم (Lycopodium cernum) خزهٔ چوگانی بومی مناطق گرمسیری

گامتوفیتهای دیگر در سطح رشد نموده و به وسیلهٔ قارچهای میکوریز کمک می شوند. سطح گامتوفیت یا بخشی از آن که در معرض نور قرار دارد سبز رنگ است، تمام گونه ها آنتریدی و آرکگنهای خود را روی یک گامتوفیت تولید می کنند. گامتوفیت ممکن است تا چند سال زیست کند. زیگوت جنینی با پا، ساقه و برگ به وجود می آورد و این جنین به اسپوروفیت بالغ رشد می کند (شکل ۴-۲۰). اگر گامتوفیت زیر زمینی باشد، کلروفیل

در اسپوروفیت جوان تا زمانی که در برابر نور قرار گیرد، ایجاد نمی شود. چندین اسپوروفیت ممکن است از یک گامتوفیت تولید شوند. تعدادی از کاجهای زمینی همچنین به صورت غیرجنسی به وسیلهٔ پیازچه های هوایی کوچکی تولید مثل می کنند (پیاز در زاویهٔ بین برگ و ساقه تولید می شود). هریک از آنها قادر است به شکل اسپوروفیت جدیدی رشد کند.



شکل ۴-۲۰ چرخهٔ زندگی کاج زمینی پنجهٔ گرگ

سلاژینل ـ خزه های چوگانی کوچك ـ علف خوك

ساختمان و شکل

اسپوروفیتهای سلاژینل که جنس بزرگتر خزه های چوگانی زنده می باشد گاهی *خزهٔ های چوگانی کوچک* نامیده می شوند (شکل ۵-۲۰). تقریباً ۷۰۰ گونه از آنها در نواحی

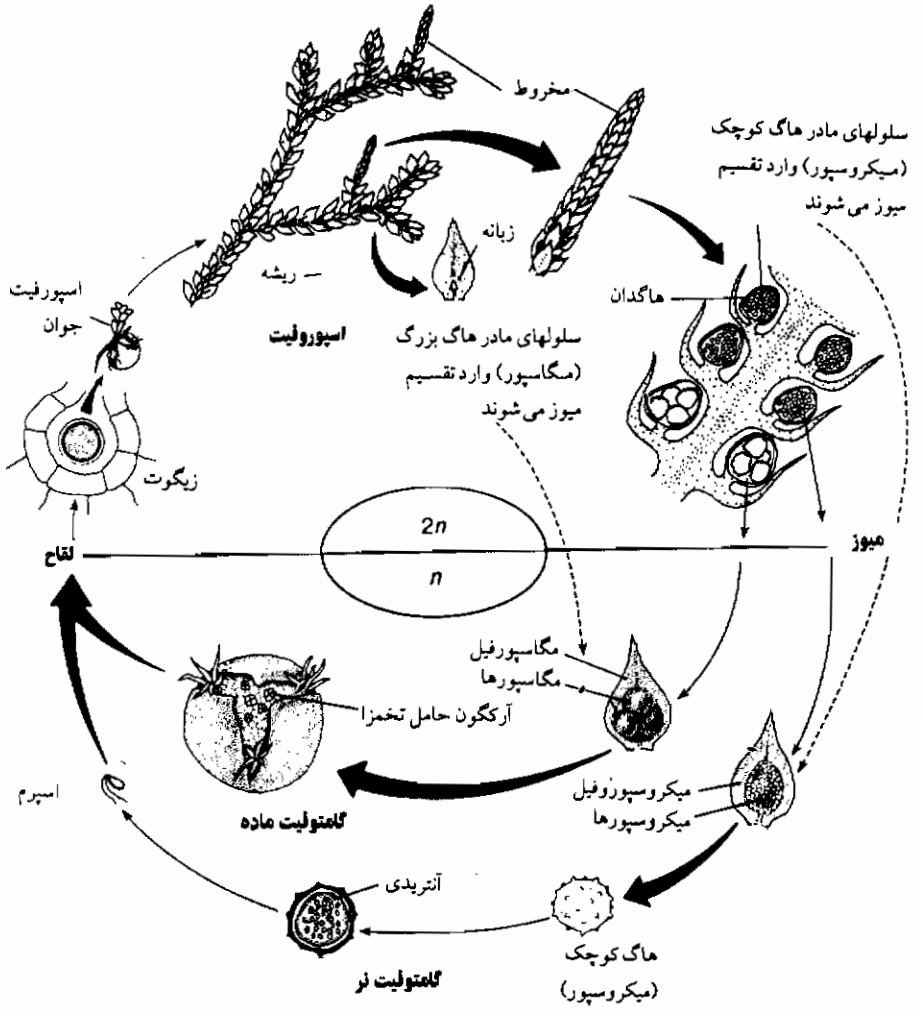
مرطوب دنیا پخش شده اند ولی در مناطق گرم و مرطوب فراوانند . یکی دوتای آنها از علفهای هرز گلخانه ای هستند . این گیاهان تمایل دارند که انشعابات بیشتری از کاجهای زمینی پیدا کنند . اینها از کاجهای زمینی در چند مورد اختلاف دارند . دو تفاوت آشکار سلاژنیل عبارتند از : (۱) برگهای آنها هرکدام دارای زایدهٔ بزرگ یا زبانه ای بنام لیگول در سطح بالایی نزدیک پایهٔ برگ هستند؛ (۲) آنها تولید دونوع مختلف هاگ و گامتوفیت می کنند ـ یک صفت پیشرفته که هتروسپوری نامیده می شود . مخروطیان دانه دار و گیاهان گلدار که در فصول بعد توضیح داده می شوند همه هتروسپور هستند .

شکل ۵-۲۰ علف خوک یک خزهٔ چوگانی کوچک

تولید مثل

تولید مثل جنسی خزه های چوگانی کوچک در ابتدا شبیه تولید مثل جنسی کاجهای زمینی است، اسپورانژها روی اسپوروفیلهایی بنام میکروسپوروفیل یا مگاسپوروفیل تولید می شوند (شکل ۶-۲۰) . میکروسپورفیلها دارای میکروسپورانژهایی هستند که محتوی تعدادی

تعـدادی سلّول مـادر مـیکروسـپـور است. سلّولهـای مـادر با انجـام مـیـوز، تولیـد میکروسپورهای کوچکی می کنند. در حالی که مگاسپورانژهای مگاسپوروفیل معمولاً دارای یک سلّول مادر مگاسپـور نسـبـةً بزرگ بوده و ۴ مگاسـپـور درشت در اثر تقـسـیم مـیـوز ایجاد می شود.



شکل ۶- ۲۰ چرخهٔ زندگی علف خوک

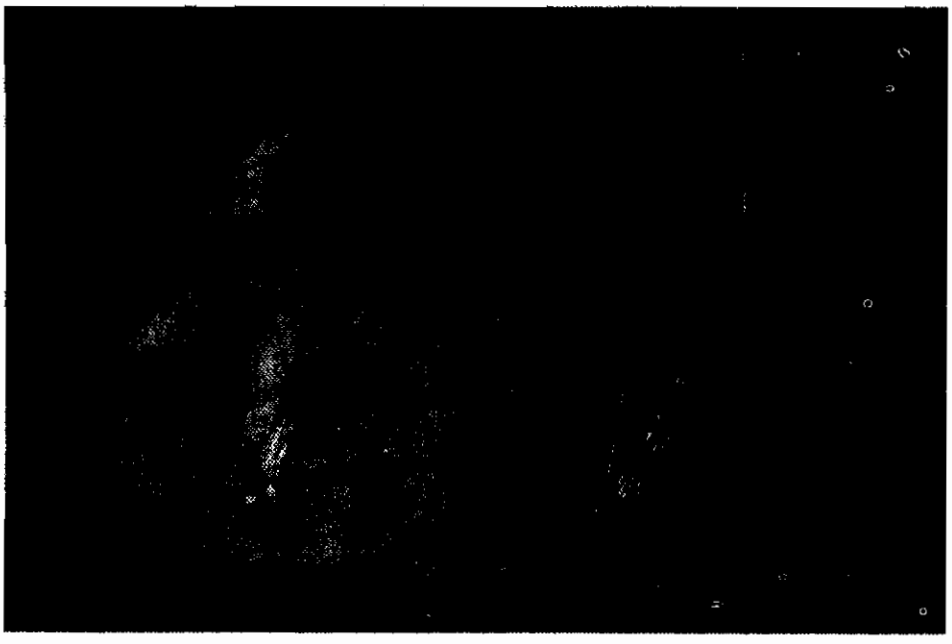
هر میکروسپور گامتوفیت نر تولید می کند که دارای آنتریدی تقریباً کروی با یاخته های محافظ نازا می باشند. گامتوفیت نر درون دیوارهٔ میکروسپور قرار دارد. از هر آنتریدی ۱۲۸ یا ۲۵۶ سلّول اسپرم تاژکدار تولید می شود. یک مگاسپور گامتوفیت ماده را ایجاد می کند که ساختمان نسبةً ساده‌ای دارد. هنگام بلوغ گامتوفیت شامل یاخته های درون مگاسپور است. وقتی که گامتوفیت بالغ شد سرانجام دیوارهٔ ضخیم هاگ را شکافته و چندین آرکگن در شکافهایی که با محیط در تماس هستند تولید می شود. رشد گامتوفیتهای نر و ماده غالباً یا حدّاقل در آغاز و قبل از این که هاگها از اسپورانژ رها شوند صورت می گیرد. لقاح و رشد اسپوروفیت جدید، مشابه کاجهای زمینی است.

ایزوئتها

ساختمان و شکل

حدود ۶۰ گونه از گیاهان ایزوئتز وجود دارد(همگی درجنس ایزوئتز[1])(تصویر ۷- ۲۰). اکثراً در نواحی که حدّاقل بخشی از گیاه در آب غوطه ور است برای مدّتی از سال دیده می شوند. برگهای آنها (میکروفیلها) که در پایه کمی قاشقی شکلند یادآور تیغهای جوجه تیغی سبز می باشند، البته به تیزی و سفتی همتای جانوری خود نیستند. آنها بر روی یک ساقه که شبیه کورم گلایول یا زعفران است با آرایش فشردهٔ مارپیچی قرار می گیرند. لیگولهای مشابه خزه های چوگانی کوچک در پایهٔ برگ وجود دارند. کورمها دارای یک کامبیوم آوندی بوده و ممکن است تا چندسال زنده بمانند. پرندگان دریایی یا موشهای آبی غالباً کورم آنها را در رژیم غذایی خود مصرف می کنند. این گیاهان عموماً بلندی کمتر از ۱۰ سانتیمتر دارند ولی یک گونهٔ آنها برگهایی دارد که به طول ۰/۶ متر می رسد.

1- Isoetes

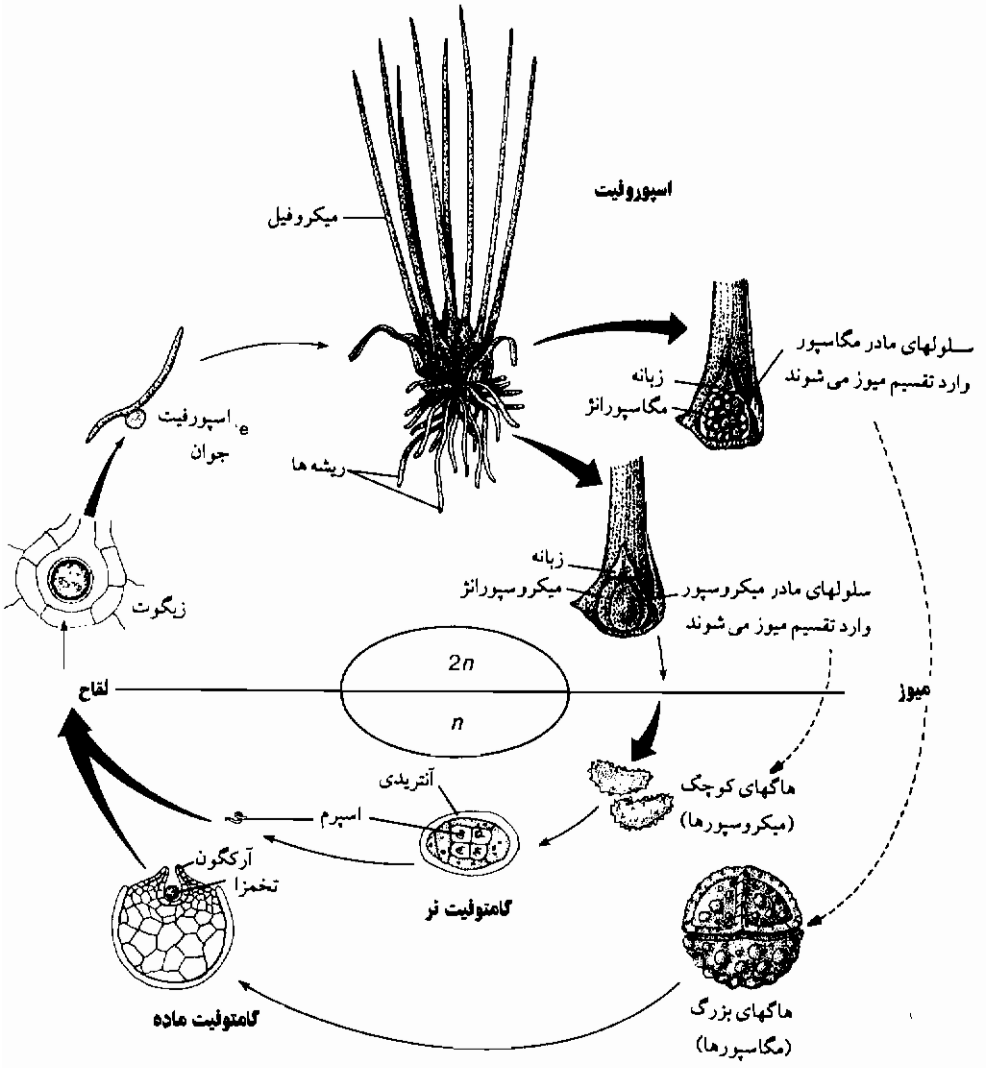


شکل ۷- ۲۰ اسپوروفیت گیاه سبخ دار (Isoetes)

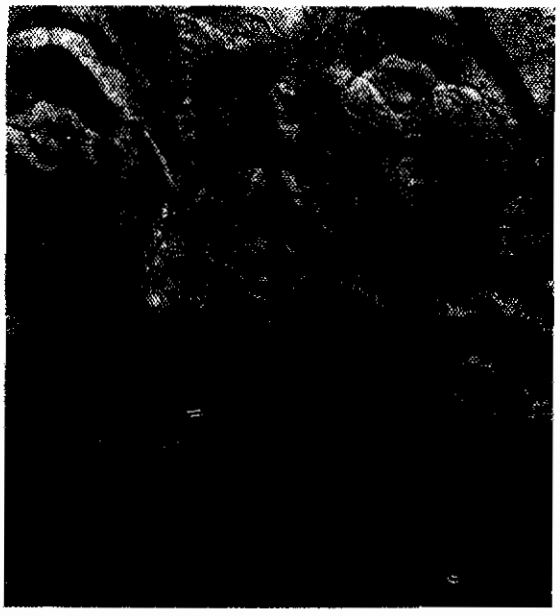
تولید مثل

تولیدمثل این گیاهان ، شبیه خزه های چوگانی کوچک است با دو نوع اسپورانژ که درپایهٔ برگها تولید می شود (تصویر ۸-۲۰). تا یک میلیون میکروسپور ممکن است در یک میکروسپورانژ ایجاد شود.

برخی از خویشاوندان قدیمی و فسیل خزه های چوگانی، بزرگ و درخت گونه بوده اند و ارتفاع آنها به ۳۰ متر و قطرشان به یک متر می رسیده است. آنها اکثراً سازنده گیاهان باتلاقها و جنگلهای دوران کربو نیفر بوده اند که تقریباً به ۳۲۵ میلیون سال پیش بر می گردد (جدول ۱- ۲۰). گیاهان ایزوئتز ابتدا در دوران کرتا سه حدود ۱۳۰ میلیون سال پیش ظاهر شده اند. فسیلهای آنها معلوم ساخته است که حتّی قدیمترین آنها نیز بطور قابل ملاحظه ای شبیه خویشاوندان امروزیشان بوده اند (شکل ۹-۲۰). یک دانش تاریخ طبیعی در مورد دودمان گیاهان مختلف این شاخه و بطور کلی سلسلهٔ گیاهان ، درك ما را از تکامل و اشتقاق آنها بالا می برد.



شکل ۸- ۲۰ چرخهٔ زندگی گیاه سیخ‌دار (Isoetes)



شکل ۹-۲۰ قطعهٔ کوچکی از سطح پنجه گرگ فسیل (لپیدودندرون) که پایه‌های میکروفیلها را نشان می‌دهد که مانند پنجهٔ گرگهای مدرن امروزه می‌ماند.

انسان و روابط اکولوژیکی خزه های چوگانی (پنجه گرگها) و گیاهان ایزوئتز

خزه های چوگانی و گیاهان ایزوئتز نیز مانند سرخسهای ریش دار امروزه استفاده های اقتصادی کمی دارند. همان طور که در ابتدا بحث شد هاگ تعدادی از خزه های چوگانی هنگامی که آتش زده شوند نور زودگذری تولید می کنند. این خاصیت زمانی در تولید موادّ منفجرهٔ نمایشی و پودر فلاش عکّاسی استفاده می شد. در گذشته داروشناسان پودر هاگ را با قرصها مخلوط می کردند تا مانع از چسبیدن آنها به یکدیگر شود. پودر هاگ قرنها به عنوان دارو توسّط بومیان بخصوص در درمان اختلالات ادراری و ناراحتیهای معده مصرف می شده است. بعضی از قبایل بومی آمریکا از آن به عنوان پودر برای کودکان و برای جلوگیری از خون ریزیهای بینی و هنگام زایمان برای جلوگیری از خون ریزی استفاده می کردند. گاهی این پودر برای جلوگیری از زخمها نیز استفاده می شد.

عصاره‌های خزه‌های چوگانی در گذشته در چندین کشور برای کاهش تب استفاده می شده است، ولی اکنون کاربرد دارویی آن بیشتر به علّت این که تأثیرات نامطلوب داشته، متوقف شده است. آمریکاییهای بومی واشنگتن، اُرگان و کلمبیای بریتانیا بعداز جویدن قسمتهایی از خزه‌های چوگانی مسمومیّت ملایمی را تجربه کرده‌اند. گزارش شده است که در اثر مصرف زیاد آنها، حالت بی هوشی دست داده است.

یک گونه از خزه‌های چوگانی بومی مکزیک و جنوب غربی ایالات متحدّه گاهی در مغازه‌ها به عنوان یادبود و هدیه عرضه می شود. این گونه، به گیاه رستاخیز معروف است، هنگام خشکی چروك خورده و به شکل یک گلوله در می آید و کاملاً مرده به نظر می رسد و هنگامی که آب روی آن پاشیده شود چروکیدگی آن بر طرف شده و سبز رنگ می شود. خزه‌های چوگانی دیگر در قفسه‌های درون خانه‌ها برای تقریباً سه سال قرار داده شده‌اند و سپس وقتی که به آنها آب داده شده است رشد خود را باز یافته‌اند. کاجهای زمینی و خزه‌های چوگانی به منظور استفاده‌های زینتی برای پوشش داخل و خارج منازل استفاده می شوند. بعضی از کاجهای زمینی به صورت شاخه‌های رنگ آمیزی شده و برای تزیینات کریسمس و همراه با حلقه‌ها و دسته‌های گل استفاده می شوند. چندین گونه لیکوپودیوم به حدّی مورد استفاده قرار گرفته که هم اکنون در فهرست گونه‌های نادر و یا در حال انقراض قرار گرفته‌اند و نبایستی بیش از این مورد استفاده قرار گیرند.

کورمهای گیاه ایزوئتز، بوسیله انسان، جانوران اهلی و وحشی و مرغان دریایی مصرف می شوند.

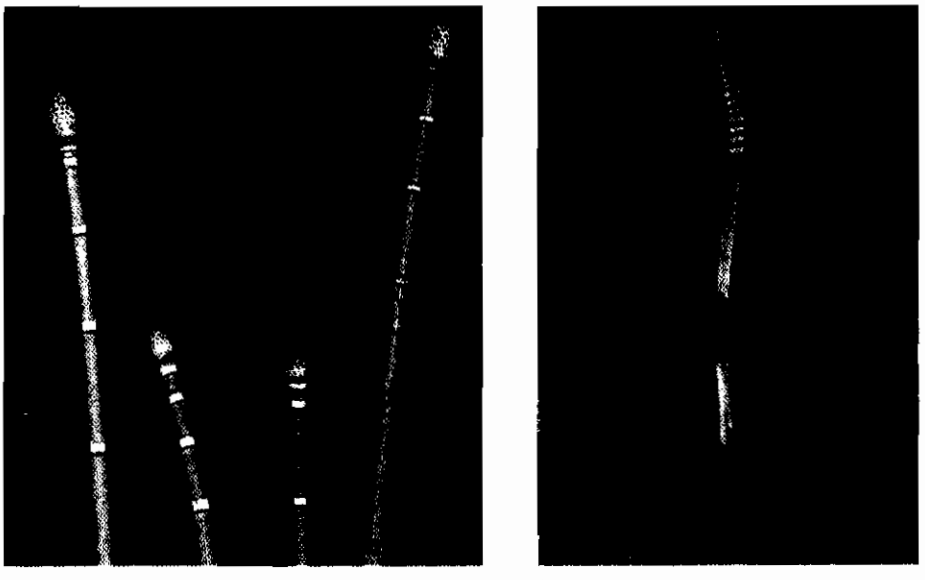
شاخهٔ اسفنوفیتا ـ دم اسبیان و گیاهان پاك کننده

بسیاری از کوله پشتان و اردونشینان، از استفادهٔ منحصر به فرد جنس نسبتاً متداول گیاه اکوزیتوم معروف به دم اسب به عنوان گیاه پاك کننده بخوبی آگاه هستند. رسوبات فراوان سیلیس در سطح درونی یاخته‌های بشرهٔ ساقه انباشته شده و مادّهٔ پاك کنندهٔ فوق العاده خوبی برای ظروف کثیف درست می کند. بومیان آمریکایی از این خاصیت پاك کنندگی بخوبی آگاه بودند و

بطور گسترده ای از آن استفاده می کردند.

ساختمان و شکل

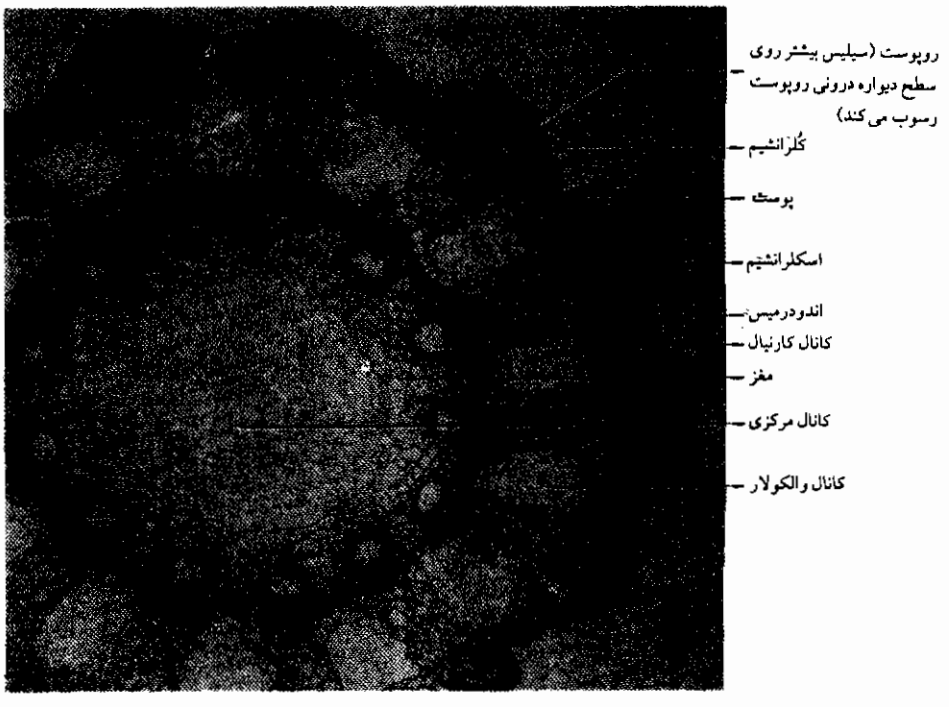
حدود ۲۵ گونه دم اسب (به علّت شکل شاخه شاخهٔ آنهاست که کمی شبیه دم اسب می باشد) و گیاهان پاك کننده (اشکال غیر منشعب) (تصویر ۱۰-۲۰) در سرتاسر قاره هایی نظیر استرالیا به صورت علف هرز گسترش دارند. ارتفاع آنها معمولاً کمتر از ۱/۳ متر ولی بعضی از آنها که در جنگلهای چوب قرمز سواحل کالیفرنیا می رویند، از ارتفاع ۴/۶ متر نیز تجاوز می کنند. در جاهایی که شاخه وجود دارد معمولاً شاخه ها با نظم فراهم و به فواصل معیّنی روی ساقه قرار دارند. گونه های منشعب و غیر منشعب برگهای فراهم فلس مانند ظریفی (میکروفیل) در محلّ گرهها دارند. برگهایی که ابتدا ظاهر می شوند سبز رنگ هستند و لی بزودی پژمرده و سفید می شوند و تمام فتوسنتز در ساقه انجام می شود.



(الف) (ب)

شکل ۱۰-۲۰ دم اسبیان (Equisetum). الف ـ یك گونهٔ غیر منشعب.
ب ـ گونه منشعب

ساقه ها بطور مشخّصی شیاردارند و دارای گرهها و میان گرههای خیلی واضحی، به همراه روزنه هایی در شکافهای بین شیارها می باشند. ساقه از مقطع عرضی (شکل ۱۱-۲۰) به شکل یک کانال مرکزی توخالی مشاهده می شود که از تجزیهٔ مغز ساقه در زمان بلوغ به وجود می آید. خارج از مغز، دو حلقه از کانالهای کوچکتر قرار دارند. حلقهٔ داخلیتر دارای کانالهایی می باشد که نسبت به شیارهای ساقه بطور متناوب قرار گرفته است. این کانالهای کارینال، در هدایت آب نقش دارند. هریک از آنها در خارج دارای یک دسته چوب و آبکش هستند. کانالهای حلقه خارجیتر کانالها و الکولار پوستی نامیده شده و دارای هوا می باشند. آنها از کانالهای کارینال بزرگتر بوده و در مقابل فرو رفتگی و شیار قرار گرفته اند.



شکل ۱۱-۲۰ ساقهٔ دم اسب در مقطع عرضی

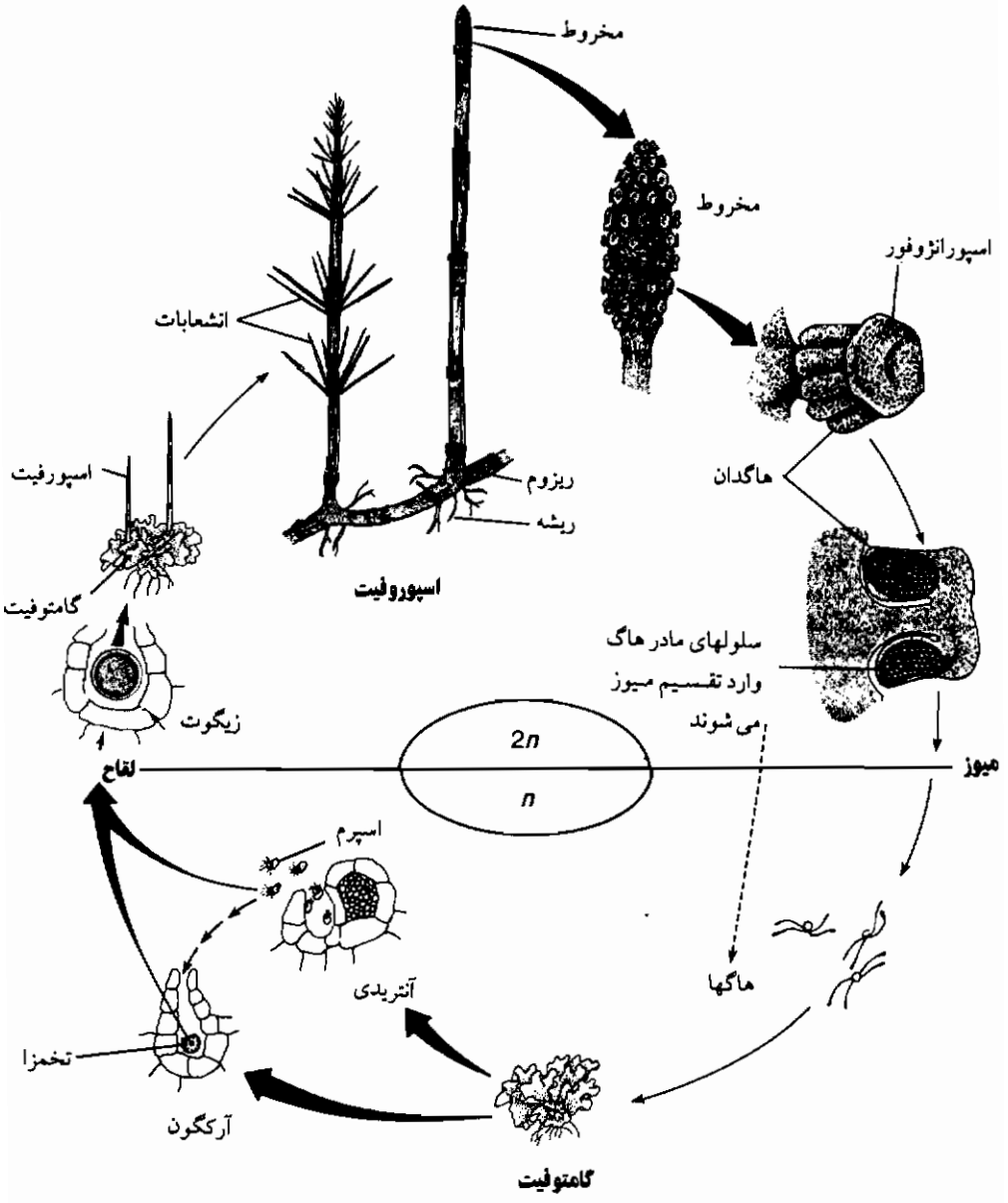
ساقه ها از ریزومهای افقی بالا آمده و شبیه ساقه های هوایی هستند، شیاردار بوده و دارای گره و میان گرههای منظّمی می باشند. در بعضی گونه ها، ریزوم ممکن است سیستم

منشعبی تا ۲ متر زیر سطح خاك داشته باشد. ریزومها همچنین دارای ریشه های نابه جا هستند. گونه های دم اسب ممکن است براساس ساختمانهای درونی ساقه به همراه اختصاصات خارجی از یکدیگر تشخیص داده شوند.

تولید مثل

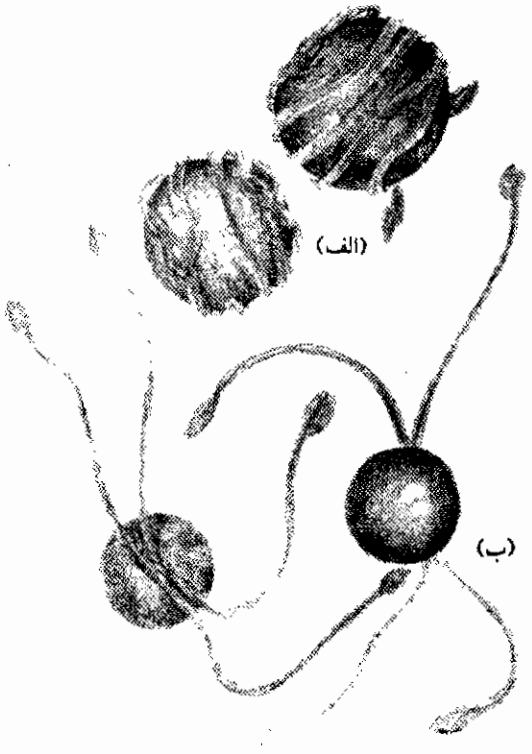
اگر ساقه ها یا ریزومها به وسیلهٔ عوامل مزاحمی نظیر حیوانات علف خوار یا با دو طوفان شکسته شوند، قطعات باقی مانده قادرند به گیاهان اسپوروفیت جدید تبدیل شوند. لیکن تولید مثل در غالب گونه ها معمولاً از طریق جنسی صورت می گیرد. در بعضی گونه ها در بهار ساقه های غیر فتوسنتزی زردرنگی از ریزوم تولید می شوند (شکل ۱۲-۲۰). استروبیلوسها به شکل مخروطهای کوچک در رأس این ساقه های مخصوص یا در بالای ساقه های فتوسنتزی معمولی در گونه های دیگر به وجود می آید.

استروبیلوسها معمولاً حدود ۲ تا ۴ سانتی متر طول داشته، در سطح خارجی دارای صفحات ۶ وجهی هستند که به سطح شانهٔ کندوی عسل شباهت دارد. هرکدام از ۶ ضلعی رأس اسپورانژیو فوری است که ۵ تا ۱۰ هاگدان در حاشیهٔ آن قرار می گیرند. اسپورانژها که پایهٔ اسپورانژیوفور را احاطه کرده اند به داخل و به سمت مرکز محور اسپورانژیو فور و مرکز استروبیلوس جایی که پایه هر اسپورانژیوفور متّصل شده اند متوجّه هستند. اسپورانژها تا سن بلوغ قابل دیدن نیستند. در آن زمان اسپورانژیوفورها کمی از هم فاصله گرفته هاگدان زیر آن آشکار شده و هاگها رها می شوند.



شکل ۱۲-۲۰ چرخهٔ زندگی دم اسب با ساقه‌های زایا و رویشی مجزا

هاگـهـا با ظاهر مشـخّـصی کـه دارند از تقـسـیم مـیـوز یاخـتـه های مـادر هاگ در اسـپـورانژها تولـیـد می شـوند. هاگـهـای سـبـز رنگ در یک قطب ۴ زایده نواری شکل دارند کـه در نوک کـمی پهن هسـتند (شکل ۱۳-۲۰). زایده ها یا الاترها (ارتبـاطی با الاترها در جگر واشـهـا ندارند) به تغـیـیـرات رطوبت بسـیـار حسّـاس بوده و به توزیع هاگـهـا کـمک می کنند. هنگامی کـه هاگـهـا به وسـیلهٔ یک باد مـلایم بالا می روند، الاترها کم و بیش به صـورت بال باز می شـوند. اگـر هوای مـرطوب در بالای یک ناحـیهٔ رطوبتی قـرار داشـتـه باشـد، الاترها به دور هاك پـیـچـیـده و بـدیـن صـورت هاگ به درون منطقـهٔ مـرطوب کـه احـتـمـالاً برای رویش هاگ مناسب است می افتد.

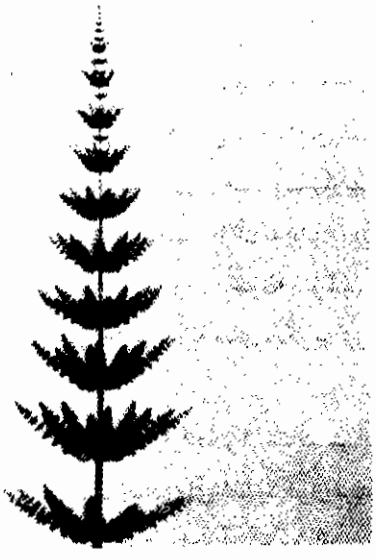


شکل ۱۳-۲۰ هاگهای دم اسب : الف ـ الاترهای پیچیده . ب ـ الاترهای باز شده

هنگام تندش که معمولاً در فاصلهٔ یک هفته انجام می شود، هاگها تولید گامتوفیتی به اندازهٔ نوك سوزن و لبه دار و بالش مانند می کنند که به ندرت قطر آن بیش از ۸ میلیمتر می شود. ریزوییدها آن را روی سطح نگه می دارند. در ابتدا حدود نیمی از گامتوفیتها با آنتریدیهایی که ایجاد می کنند جنسیّت نر را پیدا می کنند، و نیمی دیگر با ایجاد آرکگنها ماده می شوند. لیکن بعد از یک یا دو ماه گامتوفیت ماده در بیشتر گونه ها دو جنسی شده و از آن به بعد تنها آنتریدی تولید می کند. هنگامی که آب در تماس با آنتریدیهای بالغ قرار می گیرد اسپرمهای تولید شده به صورت انفجاری با تغییرات ناگهانی فشار آب دفع می شوند. چندین سلّول تخم زا درون گامتوفیت ماده و یا گامتوفیت دو جنسی بارورَ شده و معمولاً چندین اسپوروفیت شروع به رشد می کنند.

دم اسبیان و گیاهان پاك کنندهٔ دوران کربونیفر حدود ۳۰۰ میلیون سال پیش شامل یک شاخه همراه با راسته های متفاوت می شده اند، امروزه به صورت یک جنس (اکوییزتوم) باقی مانده اند. در آن زمان بعضی گیاهان این شاخه مانند اجداد خزه های چوگانی درخت گونه بوده اند (شکل ۱۴-۲۰) و به ارتفاع ۱۵ متر می رسیده اند. در حالی که بعضی ظاهر درخت انگور را داشته اند. تعدادی از آنها در داشتن برگهای فراهم (تصویر ۱۵-۲۰)، ساقه های کانال دار و اسپورانژوفورهایی با اسپورانژهای آویزان شبیه دم اسبیان امروزی بوده اند.

شکل ۱۴-۲۰ بازسازی جنگل عصر کربونیفر



شکل ۱۵-۲۰ بازسازی یك دم اسب عظیم‌الجثّهٔ فسیل(Calamites)

انسان و روابط اکولوژیکی دم اسبیان و گیاهان پاك کننده

رومیان قرن هفدهم، مخروطهای جوان دم اسب صحرایی را شبیه مارچوبه جوشانده و یا بعد از مخلوط کردن با آرد سرخ کرده و می خوردند. تعدادی از قبایل بومی آمریکا پوست سیلیسی شدهٔ لایهٔ خارجی ساقه های جوان را کنده و بخشهای داخلیتر را به صورت خام یا جوشانده مصرف می کردند. در حالی که بعضی دیگر قسمتی از ریزومهای دم اسب بزرگ جثّه را برای غذا استفاده می نمودند. گزارش شده که گاوها، بزها، سمورها، خرسها، و غازها از دم اسبیان استفاده می کنند. سرخ پوستان ساقه های خشک گونه های دیگر را برای آرد آسیاب می کردند و آن را با آرد ذرّت برای تهیّهٔ نان یا خمیر آرد مخلوط می کردند. گزارش شده دم اسب صحرایی گاه گاهی در اسبها ایجاد مسمومیّت می کند بنابراین برای مصرف انسان توصیه نمی شود. مگر این که ۳ یا ۴ بار با تعویض آب پخته شود تا ترکیبات اسیدی و دارویی آن برطرف شده و کاهش یابد.

بومیان آمریکایی و آسیایی از این گیاهان استفاده های مختلف کرده اند. یک قبیله، آب موجود در کانالهای کارینال را می نوشیده و دیگری عقیده داشت که ساقه ها برای خون مفیدند، نظر دوم پایه و اساسی ندارد. ولی یک گزارش تأیید نشده مبنی بر این که مصرف دم اسب صحرایی باعث افزایش گلبولهای خون می شود وجو دارد. حدّاقل یک یا دو گونه شناخته شده اند که تأثیر دیورتیک ملایمی دارند (دیورتیک مادّه ای است که جریان ادرار را افزایش می دهد)، و در گذشته برای درمان بیماریهای ادراری و مثّانه مورد استفاده قرار گرفته اند. بعضی همچنین از آن به عنوان ضدّ اسید معده یا آسترنیژانت (مادّه ای است که از ترشّحات بخصوص خون جلوگیری می کند) استفاده می کرده اند. یک گونه برای درمان سوزاك و گونه های دیگر برای مداوای سل به کار می رفته است.

حدّاقل دو قبیلهٔ بومی آمریکا ساقه ها را سوزانده و از خاکستر آنها برای کاهش زخم دهان استفاده می کردند و یا آنها را برروی سوختگیهای شدید قرار میدادند. طایفه ای دیگر مخروطها را برای معالجهٔ اسهال و بعضی ساقه ها را در آب جوشانده و موهای خود را برای کنترل شپس، ککّ و کرمهای ریز با آن شستشو می دادند.

زمانی استفاده از ساقه ها برای پاك کردن و تمیز کردن در همه جا متداول بود. آنها نه تنها برای تمیز کردن ظروف بلکه برای برّاق کردن فلزّات نظیر برنج، مبلمان چوبی و کف پوشها و همچنین برای تیز کردن صدفها استفاده می شدند. گیاهان پاك کننده هنوز برای چنین اهدافی به صورت محدود استفاده می شوند.

بعضی گونه های دم اسبیان علاوه بر سیلیس، موادّ معدنی خاصّی را ذخیره می کنند. رگه هایی از چنین موادّ معدنی پس از آنالیز زیر گیاهان دم اسب ردیابی و پیدا شده است. عمل آنالیز با به کار بردن موادّ شیمیایی و پس از آن با عکس برداری به وسیلهٔ اشعّهٔ ایکس همراه می باشد.

در گذشته زمین شناسی، دم اسبهای غول پیکر و خزه های چوگانی بخش عظیمی از رستنیها در باطلاقها را تشکیل داده بودند. در بعضی موارد باطلاق راکد بود و به کندی فروکش می کرد و تجمع تدریجی بقایای گیاهان را سبب می شد. این بقایا به خاطر کمبود اکسیژن در آب بسرعت توسّط باکتریها مورد حمله قرار نمی گرفتند. این چنین شرایطی به مرور زمان برای تشکیل ذغال ایده آل بود. امروزه اگر چنین قطعهٔ ذغال را بریده و زیر میکروسکپ

مورد بررسی قرار دهید می توانید هنوز قسمتهایی از بافتها و هاگهای گیاهی را که صدها میلیون سال قبل زنده بوده اند مشاهده کنید. یک نمونه ذغال نرم که کانل Cannel نامیده می شود نیز شامل هاگهایی از دم اسبیان غول پیکر و خزه های چوگانی که به مرور زمان به ذغال تبدیل شده اند می باشد.

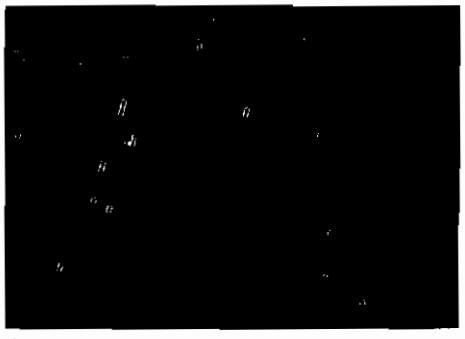
شاخهٔ پتروفیتا ـ سرخسها

اگر در ارتباط با گیاهان زیتی یک رأی جهانی گرفته شود، مسلّماً سرخسها در رأس یا نزدیک رأس فهرست گیاهان دوست داشتنی قرار می گیرند. برگهای آنها چنان اشکال متنوّع نامحدود و زیبایی را نشان می دهند که توری (Thoreau) یک بار گفت «خدا سرخسها را آفریده است تا نشان دهد که چه می تواند با برگها بکند».

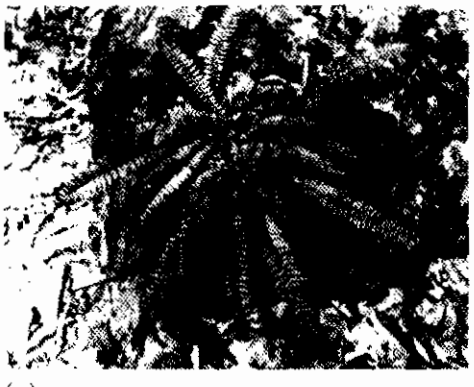
شکل و ساختمان

تقریباً ۱۱۰۰۰ گونهٔ شناخته شده از سرخسها، اندازه های متفاوتی از اشکال شناور و کوچک یک سانتیمتری، تا سرخسهای درخت گونهٔ عظیم الجثّه به ارتفاع ۲۵ متر را در بر می گیرند. گرچه برگهای سرخسها که معمولاً فروند نامیده می شود تقسیم شده و ظاهر پر مانندی دارند (شکل ۱۶-۲۰) ولی بعضی بدون تقسیم بوده، چین دار یا زبانی شکلند، و بعضی دیگر شبیه شبدر چهار برگی بوده و یا عادت رشد آن ظاهر آشیانه را پیدا می کند. سرخسهای اخیر که بیشتر در مناطق گرمسیری رشد می کنند به اندازه ای هوموس انباشته می کنند که برای غذا و پناهگاه کرمهای خاکی درشت به طول ۰/۶ متر کافی می باشد. چون آب خارجی برای تولید مثل جنسی سرخسها ضروری است از این جهت آنها بیشتر در مناطق معتدله و گرم و پرباران فراوانترند، لیکن بعضی از آنها برای نواحی خشکتر سازش پیدا کرده اند.

(الف)



(ب)



(پ)

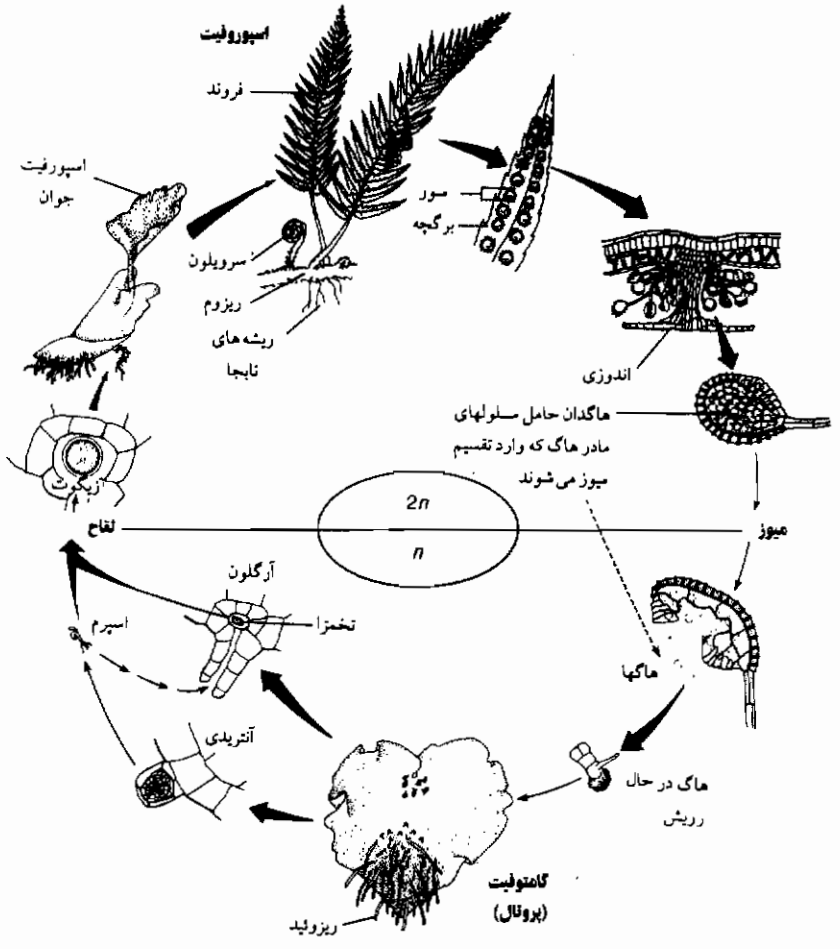
(ت)

شکل ۱۶- ۲۰ سرخسهای متداول با فروندهای تقسیم شده : الف ـ سرخس دارچینی (Cinnamon Fern) فروندهای رنگ دارچینی که در وسط قرار گرفته‌اند زایا بوده و تولید تعداد زیادی اسپورانژ می‌کنند؛ ب ـ سرخس پرسیاوشان ؛ پ ـ سرخس مقدّس؛ ت ـ یك سرخس درختی کوچك بومی هاوایی بنام (Ama`uma`u)

تولید مثل

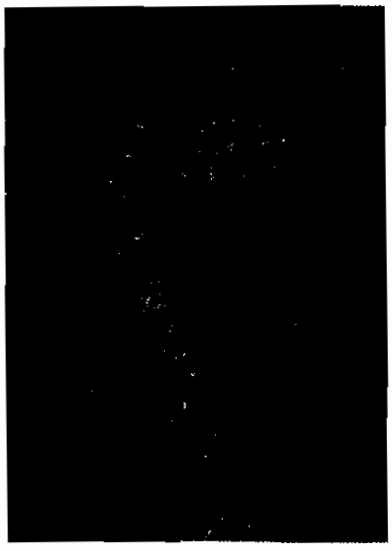
مانند تمام گیاهان که در این فصل مورد بحث قرار گرفت، اسپوروفیت مرحلهٔ بارزی از

دورهٔ زندگی است (شکل ۱۷-۲۰). اسپوروفیت شامل فروند، یک ساقهٔ ریزومی و ریشه های نابه جاست که از ریزوم خارج می شوند. فروندها صرف نظر از شکل نهاییشان معمولاً ابتدا با نوکهای پیچ خورده بطور فشرده ای ظاهر می شوند. این کروزیرها[1] یا «سرویولونیها» (شکل۱۸-۲۰) سپس باز و گسترده شده و پهنکها نمایان می شوند. در بلوغ پهنکها معمولاً به بخشهایی بنام پینا تقسیم می شوند که به رگ برگ میانی یا راکیس متّصلند. پایهٔ برگ یا دم برگ معمولاً در پایین برگ قرار دارد.



شکل ۱۷-۲۰ چرخهٔ زندگی یك سرخس

1- Crozier



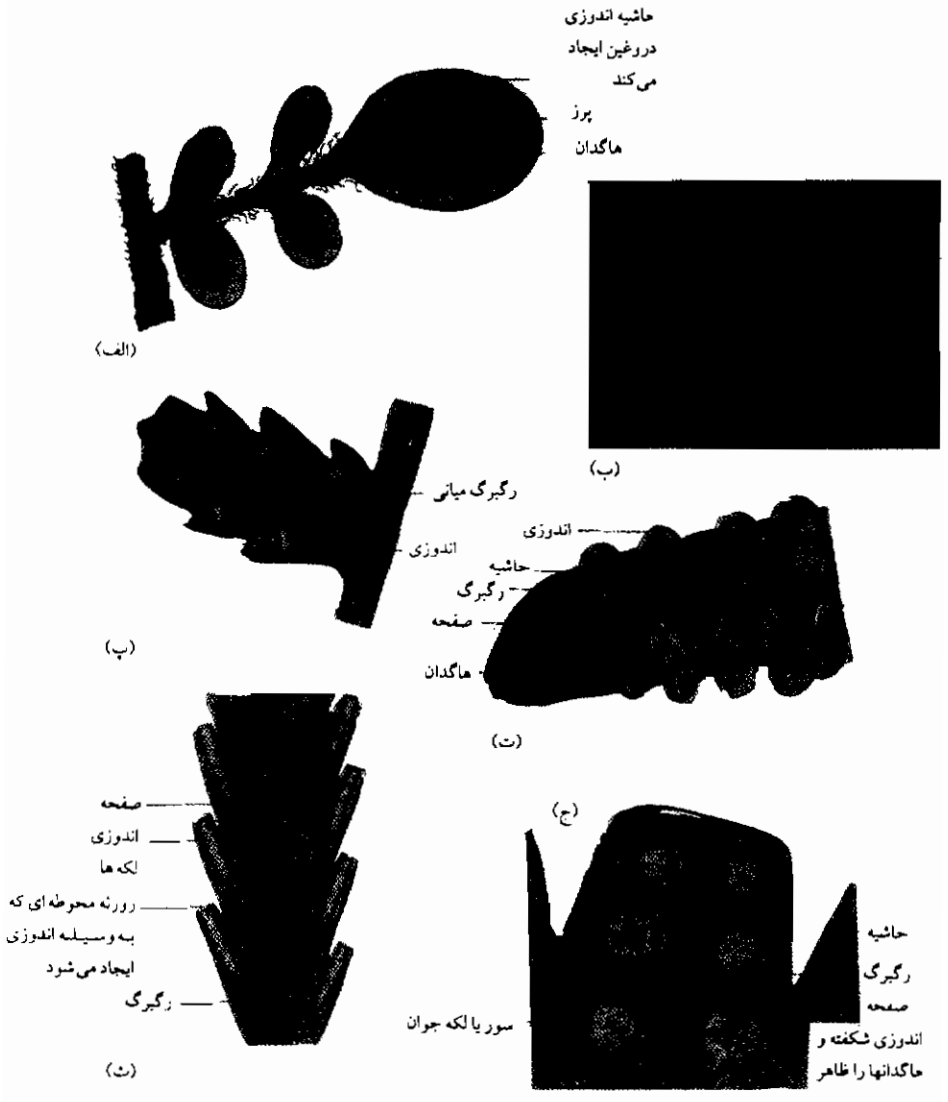
شکل ۱۸-۲۰ کروزیر یك سرخس درختی گرمسیری

هنگامی که فروندها باز می شوند ممکن است لکّه های کوچک پودری به رنگ زنگ و غالباً کروی در سطح پایینی بعضی یا تمام پهنکها دیده شوند و چون این توده ها شبیه زنگهای قارچی ظاهر می شوند. بعضی فکر می کردند که گیاهان آنها بیمار شده لذا برای مبارزه با این بیماری آنها را سم پاشی می کردند و یا به دقّت توده های روی برگ را می خراشیدند. ولی وجود توده ها دلیل بر سالم بودن گیاه می باشد ولی بررسی با عدسیهای دستی و میکروسکپهای تشریح نشان می دهد که آنها حقیقةً خوشه هایی از اسپورانژها می باشند (شکل ۱۹-۲۰). اسپورانژها ممکن است به صورت یکنواختی در سطوح پایینی فروند پراکنده باشند ولی غالباً به حاشیه محدود می شوند.

اغلب اسپورانژها به صورت مجموعه ای مشخّص بنام سور[1] مشاهده می شوند. در بعضی گونه های سرخسها، سورها به وسیلهٔ یک بافت غشایی و سستی بنام اندوزی[2] که همزمان با اسپور هاگدانها ایجاد می شود محافظت می گردند. هنگامی که هاگدانها بالغ می شوند اندوزی که غالباً شبیه یک چتر نیمه شفّافی به وسیلهٔ پایهٔ خود به سطح فروند متّصل است، چروکیده شده و اسپورانژهای زیر خود را در معرض محیط خارجی قرار می دهد.

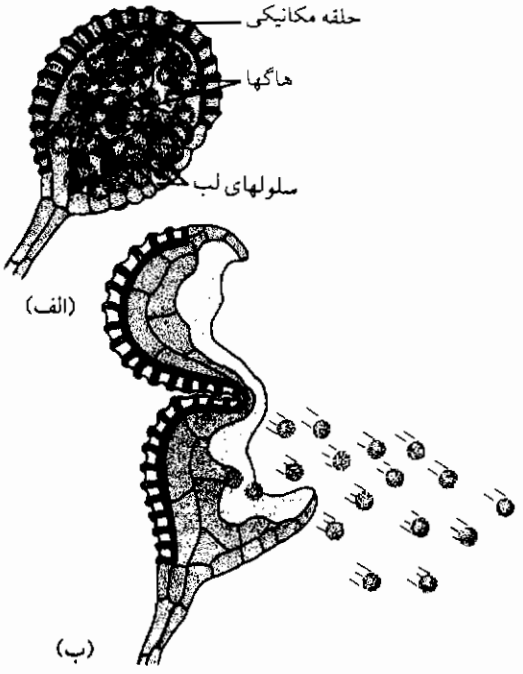
1- Sorus (جمع : Sori)

2- Indusium (جمع : Indusia)



شکل ۱۹-۲۰ پینا در فروندهای سرخسها بعضی از نظمهای اسپورانژها را نشان می دهند : الف ـ کیلانتز (Cheilanthes) ؛ ب ـ پسفایج (Polypodium) ؛ پ ـ سرخس شکننده (Cystopteris) ؛ ت ـ سی بوتیوم (Cibotium) ؛ ث ـ داوالیا (Davallia) ؛ ج ـ سیاتیا (Cyathea) .

اکثر اسپورانژها میکروسکپی و پایه‌دار با یک ردیف سلّولهای حاشیه با دیوارهٔ ضخیم و قهوه‌ای رنگ شبیه جغجغهٔ شفّاف بچگانه می باشند. این سلّولها حاشیه‌ای که تا حدّی شبیه یک هزارپای کوچک می باشند حلقه نامیده می شوند. حلقه تحت تأثیر تغییرات رطوبت در پرتاب هاگ از اسپورانژها بسرعت عمل می کند (شکل ۲۰-۲۰).

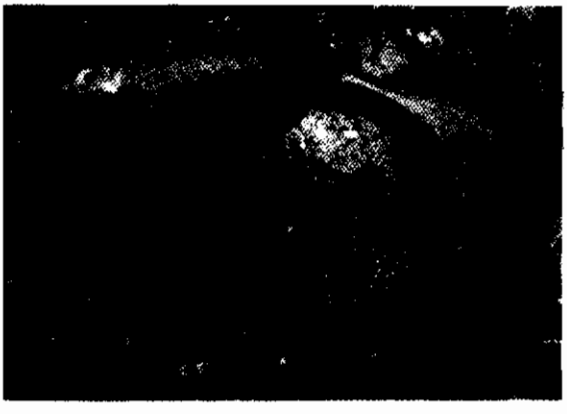


شکل ۲۰-۲۰ رها شدن هاگها از اسپورانژ در سرخسها: الف. یك اسپورانژ بسته؛ ب. هاگها به‌هنگام شکوفا شدن اسپورانژ پرتاب می‌شوند. حلقه ابتدا به‌عقب کشیده شده و سپس به‌جلو آمده و بسته می‌شود.

سلّولهای مادرهاگ در هاگدانها میوز انجام داده و معمولاً تولید ۴۸ یا ۶۴ هاگ در هر هاگدان می نمایند. ولی تعداد هاگها در اسپورانژهای بعضی از سرخسهای مارزبان اوّلیه ممکن است تا ۱۵۰۰۰ افزایش یابد. تعداد اسپورانژها اغلب به قدری زیاد است که تخمین زده می شود یک سرخس راش جمعاً تا ۵۰ میلیون هاگ تولید کند. در سرخسهای آبزی خاص و دوزیست دو نوع هاگ تولید می شود. یک مگاسپور بزرگ که در بعضی اسپورانژها تولید

می گردد، و دیگر میکروسپور ظریف و کوچک که در اسپورانژهای دیگر ایجاد می شود. ولی اکثر گونه های سرخسها تنها یک نوع هاگ ایجاد می کنند.

بعد از این که هاگها پراکنده شدند، ابتدا از اسپورانژها پرتاب شده و سپس انتقال آنها به وسیلهٔ باد انجام می شود و در انتها در زیستگاههایی فرود می آیند که مناسب برای زیست آنهاست. چنین زیستگاههایی شامل برجستگیهای مرطوب سایه دار و شکاف سنگها و یا خاك مرطوب می باشند. (هاگها را همچنین می توان در خاك مرطوب گلدانهای سفالی در خانه ها یا گلخانه ها وادار به رویش کرد). هاگهایی که در مکان مناسبی برای رویش قرار گرفتند تولید گلچه مانندهای کوچک یا پروتال را می کنند که سبز رنگ بوده و قلبی شکل می باشند. (شکل ۲۱-۲۰). این ساختمانها که در حاشیه غالباً کمی موآج می باشند و ممکن است ۵ الی ۶ میلیمتر قطر داشته باشند براحتی بدون میکروسکپ دیده می شوند.



شکل ۲۱-۲۰ پروتال یك سرخس

پروتالها بجز در قسمت میانی که کمی ضخیمترند تنها به اندازهٔ یک سلّول ضخامت دارند. ریزوییدها با آنتریدیها که بین آنها پخش هستند در ناحیهٔ مرکزی سطح زیرین ایجاد می شوند. آرکگونها معمولاً نزدیکتر به فرو رفتگی مرکزی پروتال قلب مانند ایجاد می شوند. آرکگونها تا حدودی کوزه‌ای شکل بوده اغلب با گردن خمیده و برآمده از سطح گامتوفیت هستند، در حالی که آنتریدها کروی بوده و به وسیلهٔ پایهٔ باریکی بالای سطح

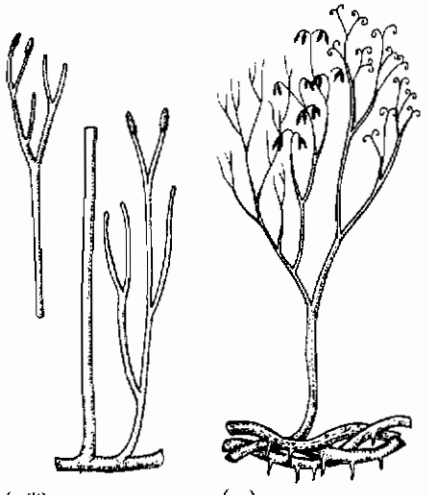
گامتوفت قرار می گیرند. در هر آنتریدی ۳۲ تا چند صد اسپرم می باشند که هرکدام دارای تاژکهایی به تعداد کم و یا زیاد تولید می کنند. علی رغم تخمزاهای فراوانی که ممکن است تلقیح شوند تنها یک تخم به اسپوروفیت جوان تبدیل می شود. این اسپوروفیت معمولاً در اوّلین فصل رشد فروندهای ساده تر و کوچکتری را داراست، لیکن فروندهای به اندازهٔ معمول در سالهای بعد از ریزوم تولید می شوند.

خویشاوندان فسیل شدهٔ سرخسها

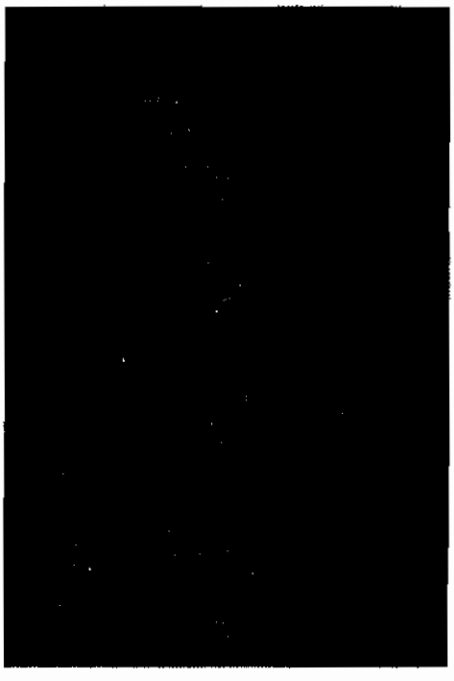
فسیلهای باقی مانده در رسوبات از سرخسها و دیگر گیاهان به احتمال زیاد اجداد سرخسهای کنونی می باشند. اجداد سرخسها که گاهی پیش سرخسها (شکل ۲۲-۲۰) نامیده می شوند در تشکیلات دونین پیدا شده اند (جدول ۱-۲۰) و متعلّق به ۳۷۵ میلیون سال پیش می باشند. پیش سرخسها بیشتر عادت رشد مشابهی را با سرخسها داشته اند ولی به علّت نداشتن فروند پهن بیشتر شبیه سرخسهای ریش دار می باشند تا سرخسهای حقیقی. فسیلهای حفظ شده سرخسهای درخت گونه خویشاوندان سرخسهای درختی امروز که در مناطق گرمسیری می رویند متعلّق به ۲۵۰ تا ۳۲۰ میلیون سال قبل می باشند (تصویر ۲۳-۲۰). این گیاهان در دوران کاربونیفر زیرین حدود ۳۰۰ میلیون سال پیش خیلی فراوان بوده اند. این زمان در تاریخ زمین شناسی بنام عصر سرخسها نامیده می شود. کشفیات قرن بیستم مبنی بر این که تعدادی از این گیاهان سرخس گونه در روی فروند خود دانه تولید می کرده اند در طبیعت حقیقی فسیلها سؤالاتی را برانگیخت و نام «عصر سرخسها» حذف شد.

انسان و روابط اکولوژیکی سرخسها

در بعضی نواحی ایالات متحدّه منزلی را بدون سرخس بوستون (Boston Fern) نمی توان یافت. سرخسها گیاهان آپارتمانی ایدآلی را می سازند زیرا تعدادی از آنها به نور کم سازش کرده اند، و مانند گیاهان دیگر نسبت به شته، کنه، و آفتهای مشابه، حسّاس نیستند. سرخسها همچنین به عنوان زینت باغچه ها مورد توجّه می باشند. بدون شک بعضی سرخسها موضوعی برای قلم هنرمندان نقاش و سوژه ای برای دوربین عکاسان تاریخ طبیعی ایجاد می کنند. تعدادی از سرخسها اکنون بطور تجارتی از طریق کشت بافت تکثیر می شوند.

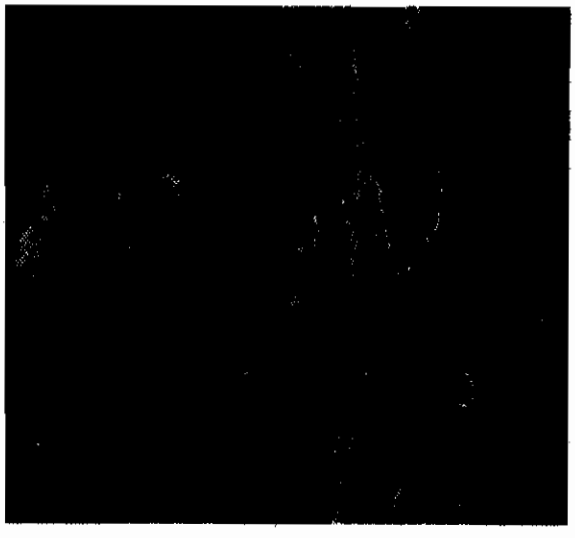


شکل ۲۲-۲۰ پیش سرخسهای فسیل : الف ـ رای‌نیا (Rhynia) ؛ ب ـ پسیلوفایتون (Psilophyton)



شکل ۲۳-۲۰ یك سرخس فسیل

تعدادی از سرخسها ارزش عملی و کاربردی نیز دارند. پرورش دهندگان تجارتی آنتوریومهای خوشرنگ در هاوایی و جاهای دیگر متوجّه شده اند که سرخسهای بومی درختی مقدار کافی سایه و شرایط محیطی دیگر مورد نیاز را برای ایجاد گلهای با کیفیّت عالی ایجاد می نمایند. ریزوم سرخسهای درختی یا پوست ریشه* و ریزوم گونه های ویژهٔ دیگر مانند سرخس سلطنتی اسموندا (که پوست اسموندا تولید می کند) برای مدّتهاست که به عنوان محیط کشت مناسبی برای ارکیده، آناناس، گلهای دیگر، مورد استفاده قرار می گیرند. بافت این گونه سرخسها برای رشد ریشه های هوایی ارکیده بسیار مناسب می باشد چون به موازاتی که پوست به کندی تجزیه می شود، آب باران روی سطح آن چکیده و موادّ غذایی مناسب این گیاهان را جمع آوری می کند. تقاضا برای پوست سرخس برای رشد ارکیده چندین سال است که افزایش یافته و قیمت آن نیز در سوپر مارکتها خیلی گران شده است (شکل ۲۴-۲۰).



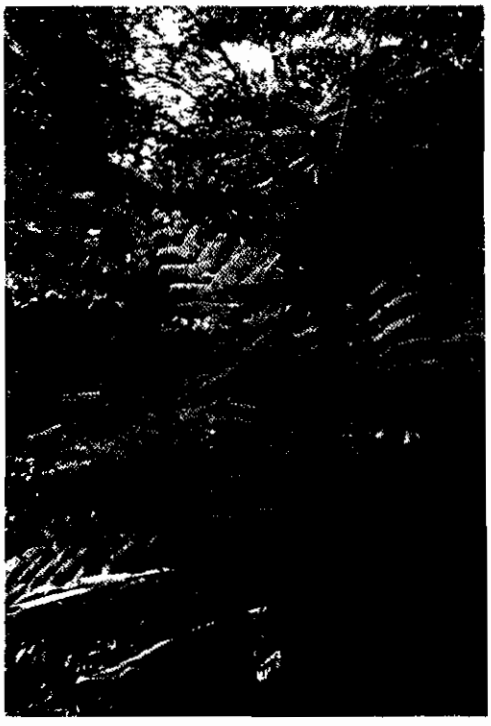
شکل ۲۴-۲۰ یك گیاه ارکیده که روی پوست درخت رشد نموده است

* سرخسها لایهٔ زایندهٔ چوب پنبه ندارند؛ بنابراین، تولید پوستی مانند گیاهان چوبی دانه دار را نمی کنند. لیکن سلّولهای لایه های خارجی ریشهٔ سرخسها و ریزومها از سوبرین اشباع شده، در نتیجه ظاهر پوست مانندی را پیدا می کنند.

هنگامی که برگهای جوان پیچیده (سرو یولونهای جوان) در بعضی گونه های سرخسها باز می شوند، پوشش متراکمی از کرکها در سطح دم برگها و رگبرگ میانی (راکیز) مشاهده می شود. در گذشته کرکهای ابریشمی بعضی سرخسهای درختی درشت گرمسیری (شکل ۲۵-۲۰) کنده شده برای لوازم داخل منزل مانند پرده و پر کردن بالش و تشک استفاده می شد. طیّ اواخر دههٔ ۱۸۰۰ میلادی بیش از ۱۹۰۰ تن متریک (۲۰۹۴ تن) از این مواد از جزایر هاوایی به خشکی آورده شد و اگر جانشین احتمالی دیگر برای این مواد نبود، ممکن بود این گیاهان با شکوه مجموعاً نابود شوند. بعضی از مرغان مگس خوار گرمسیری از این کرکها همراه با فلسهای دیگر سرخسها برای پوشاندن آشیانه هایشان استفاده می کنند و زمانی ساکنین جزایر پلی نزیان با آنها مرده های خود را مومیایی می کرده اند. از تنهٔ سرخسهای درختی در ساختمان خانه های کوچک مناطق گرمسیری استفاده می شده است. بخشهایی از یک سرخس درختی کوچک هاوایی و فروندهای بعضی از سرخسهای آسیایی رنگدانهٔ قرمزی را تولید می کنند که برای رنگ کردن البسه مورد استفاده قرار می گرفته است.

سالهاست که سرخسهای براکن که در سراسر دنیا پراکنده هستند برای مصارف غذایی مخصوصاً در ژاپن و زنلاند نو کشت و استفاده می شده است. اگرچه مشخّص شده که این سرخسها اثر سمّی ملایمی برروی چهار پایان دارند. تحقیقات اخیر در اروپا و ژاپن نشان داده است که اگر فروندهای این سرخسها به جانوران آزمایشگاهی خورانده شوند تولید تومورهای روده ای را می کند به همین دلیل مصرف غذایی آن بسیار سست شده است.

بومیان بعضی مناطق که در آن جا سرخسها می رویند در گذشته از ریزومها و فروندهای جوان تعدادی از گونه ها برای مصرف غذایی استفاده می کرده اند. بومیان آمریکایی غالباً از ریزومهای سرخسهای شمشیری و سرخسهای ماده و سرخسهای دیگر استفاده می کردند. با وضعیت مشابهی بومیان هاوایی مغز نشاسته ای سرخسهای درختی را به عنوان غذاهای اصلی مصرف می کردند. در آسیا سرخس آبی شرقی هنوز گاهی در شالیزارهای برنج کشت شده و به صورت خام یا پخته به عنوان سبزی مصرف می شود. در مالایا یکی از خویشاوندان سرخس ماده متداولاً به عنوان سبزیجات مورد استفاده قرار می گیرد.



(الف)

(ب)

شکل ۲۵-۲۰ الف ـ سرخس درختی گرمسیری در کاستاریکا؛ ب ـ نوك درخت سرخس با پرزهای زرد رنگ محافظ

کاربرد سرخسها به عنوان گیاه دارویی بومی فراوان است . آنها در درمان اسهال ، اسهال خونی ، نرمی استخوان ، مرض قند ، تب ، ناراحتیهای چشم ، سوختگیها ، زخمها ، سودا ، و ناراحتیهای دیگر پوستی ، جذام ، سرفه ، نیش و گزش حشرات ، به عنوان پادزهر ، برای دردهای زایمان ، یبوست ، شورهٔ سر و چند بیماری دیگر ، استفاده شده اند . سرخس نر که در اروپا بیشتر از ایالات متّحده متداول است ، دارای ارزش دارویی می باشد که در دفع کرم روده (مانند کرم کدو) مؤثّر است . استفاده از آنها جهت این اهداف به دورانهای باستانی بر می گردد و هنوز هم استفاده می شوند اگرچه داروهای سنتز شده امروزه به فراوانی جانشین آنها شده اند . سرخس شیرین بیان که به وسیلهٔ بومیان آمریکا در شمال غرب اقیانوس آرام برای درمان گلودرد و سرفه استفاده می شد ، به عنوان چاشنی و جانشینی برای شکر نیز به کار می رفت . مردمان قبیله ای در کالیفرنیا ساقه های سرخس پشت طلایی را می جویدند تا درد دندان را از بین ببرند . شیره فروندهای سرخس پای پرنده را برای جلوگیری از خون ریزی بینی بالا می کشیدند .

فروندهای سرخسهای برکن و سرخسهای دیگر در گذشته جهت درست کردن ملات (کاهگلی) منازل مورد استفاده قرار می گرفت . هرکس که چنین فروندهایی را درون کومپوست قرار داده باشد می داند که آنها خیلی کندتر از برگهای دیگر گیاهان تجزیه می شوند . فروندهای سرخسهای براکن هنوز به وسیلهٔ ماهیگیران و شکارچیان به عنوان یک زیر انداز برای خواب شبانه استفاده می شود . یک مادّهٔ استخراج شده از فروندها در آماده سازی چرم بز کوهی و ریزوم آنها در شمال اروپا برای تهیّهٔ آبجو استفاده می شود .

سرخس زنجیری که دارای فروندهای درازی به اندازه ۲ متر می باشد در دم برگ و راکیس هر فروند دو رشتهٔ قابل ارتجاع چرمی دارد . بومیان آمریکا و دیگران سالهاست که فروندها را جمع آوری نموده و این رشته ها را در سبدبافی مورد استفاده قرار می دادند . آنها از طریق شکافتن محور طولی رشته ها را بآسانی جدا می نمودند . دم برگهای سیاه براّق سرخس پنج انگشت سالهاست که توسّط بومیان آمریکایی برای تزیین دادن و قشنگ کردن سبدسازی به کار می رفته است . در آسیای جنوب شرقی سرخس بالا رونده فروندهایی دارد که راکیس آن ممکن است به طول ۱۲ متر برسد ، اینها هنوز هم موادّ جالبی را جهت سبدسازی می سازند .

یک سرخس شناور در جنس آزولا (Azolla) که در بعضی بخشهای آمریکا سرخس پشه نامیده می شود، گیاه کوچکی است که کمی بزرگتر از عدسک آبی می باشد. این سرخس در مناطقی که آب نسبتاً ملایم است به فراوانی گسترده است. این سرخس گاهی به قدری انبوه و فشرده رشد می کند که گفته می شود لارو پشه را که گاهی بایستی برای گرفتن اکسیژن نیاز دارند بالا بیایند خفه می کند. این سرخسها غالباً جلبک سبز آبی را در محوّطه های بین سلّولهای خود نگاه داشته و به عنوان همزیست با آن زندگی می کند. جلبکهای سبز متمایل به آبی تثبیت ازت نموده و عملاً نشان داده شده است که گیاهان همراه این موجود نسبت به گیاهان فاقد آن رشد بیشتری نشان می دهند.

فسیلها

مقدّمه

ما در این فصل چندین مرتبه به فسیلهای گذشته اشاره نموده ایم و در فصول آینده نیز به آنها رجوع خواهیم کرد. ما از محدودیت شدید منابع انرژی دنیا آگاه هستیم. امروزه بکرّات اشاراتی به سوختهای فسیلی می شود. دقیقاً فسیل چیست و چگونه به وجود می آید؟

ابتدا واژهٔ فسیل برای هر شئ غیر معمول که در سنگها پیدا می شد به کار میرفت، ولی اکنون استفادهٔ آن کم و بیش به اشیای آلی ماقبل تاریخ و یا اثر آنها که از دورانهای گذشتهٔ زمین شناسی در طبقات زمین حفظ شده محدود گردیده است (جدول ۱-۲۰). چنین تعریفی شامل علائم دندانها، سوراخها، آثار ردّ پا، رسوبات مدفوع و رسوبات موادّ شیمیایی می شود که شواهدی از فعّالیتهای جلبکها و باکتریها هستند. گذشت زمان خود ایجاد فسیل نمی کند. بقایای انسان با هزاران سال سن در هرمها و غارها پیدا شده اند بدون این که فسیل شده باشند ولی ممکن است بقایای دیگر همسنّ آنها در سنگها به عنوان فسیل حفظ شده باشند.

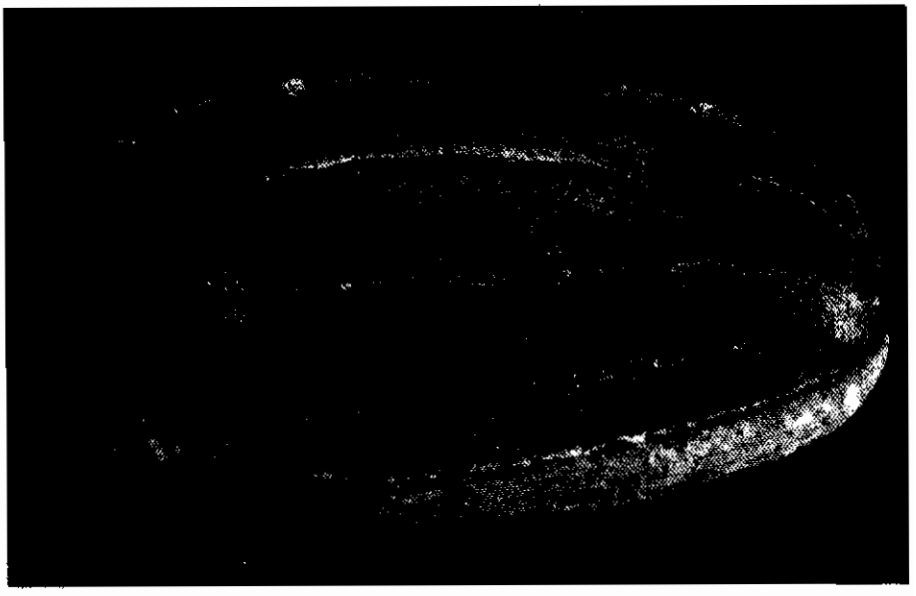
فسیلها به طرق مختلف شکل می گیرند. شرایط برای تشکیل آنها تقریباً همیشه شامل انباشته شدن رسوبات در مناطقی است که گیاهان، جانوران، و موجودات دیگر

وجود داشته و یا به آن جا منتقل شده باشند. چنین مناطقی در باتلاقها، اقیانوسها، دریاچه ها یا محلهای آبی دیگری پیدا می شوند. بخشهای سخت مانند چوب یا استخوان خیلی بهتر از بخشهای نرم حفظ می شوند. عوامل محیطی دیگر مانند حضور نمک یا موادّ شیمیایی ضدّعفونی کننده و یا رکود ناشی از کاهش اکسیژن آب، همه برای تشکیل فسیل مطلوب می باشند.

عامل دیگر که شانس موادّ آلی را برای فسیل شدن زیاد می کند دفن سریع است. چنین دفنی آنگاه اتّفاق می افتد که یک موجود زنده قادر نباشد از بارش خاکسترهای فورانهای آتش فشانی دور شود و یا در غارها و یا توفانهای ناگهانی شن به دام افتد. اشکال دیگر دفن سریع هنگامی است که یک موجود زنده داخل شنهای روان یک آبگیر یا اسفالت می افتد. در زیر چند نوع متداول فسیل توضیح داده خواهد شد.

قالبها و آثار فسیلی

بعد از این که ما سه یا رسوبات دیگر، یک جسم را مدفون و به سنگ تبدیل نموده است، موادّ آلی ممکن است تدریجاً در نتیجهٔ نفوذ آب به درون منافذ خاك شسته شوند. چنین رخدادی فضاهایی را ایجاد می کند که می توانند به وسیلهٔ رسوبات سیلیسی پر شوند. اگر تنها فضاها باقی بمانند فسیل مولّد یا قالب نامیده می شود لیکن اگر فضاها به وسیلهٔ رسوبات سیلیسی پر شوند کاست (Cast) نامیده می شود. کاست مصنوعی را می توان از قالبهای اوّلیه با پلاستر یا ترکیبات مومی ساخت. هنگامی که اجسامی مانند برگها به وسیلهٔ رسوبات مدفون می شوند وزن زیاد رسوبات باعث می شود که کلفتی برگها تا حدّ ۵ درصد کلفتی اوّلیه شان برسد. وقتی که چنین اتّفاقی می افتد تنها چیزی که باقی می ماند یک لایهٔ نازك موادّ آلی است و طرحی که جزئیات سطح را در بر دارد. هیچ گونه ساختمان درونی و سلّولی حفظ نشده است. چنین فسیلهایی که فراوان نیز می باشند کومپرشن (Compressions) نامیده می شوند (شکل ۲۶-۲۰). شکل یک کومپرشن شبیه یک پا یا دستی که بر روی سیمان تر فشار داده می شود و رد نامیده می شود. ذغال سنگ، یک نوع کومپرشن است که غالباً همراه بخشهای گوناگون گیاه است. تصوّر می رود بعد از این که گیاهان افتاده اند بکندی در باتلاقها انباشته شده و در معرض فشارهای زیادی قرار گرفته اند.



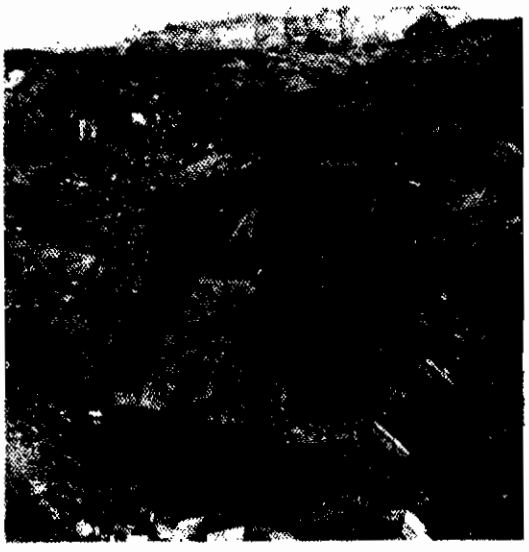
شکل ۲۶-۲۰ یك فسیل کومپرشن

سنگواره ها

سنگواره ها (شکل ۲۷-۲۰) موادّ سنگ مانند غیر کومپرشن هستند که ساختمان اوّلیهٔ سلّولی را حفظ نموده اند. حدود ۲۰ مادّهٔ معدنی مختلف شامل سیلیکاتها و نمکهای چندین فلز دیگر می توانند آثار سنگواره ای را ایجاد نمایند. زمانی فکر می شد که پدیدهٔ جانشین شدن بخشهای گیاهی به وسیلهٔ موادّ معدنی محلول هر زمانی در حدّ ملکول (جزئی) انجام می گیرد. البته اکنون عقیده بر این است که موادّ شیمیایی محلول به درون سلّولها و دیوارهای سلّولی نفوذ نموده و در آن جا کریستالی و سخت شده و بدین صورت اجسام اوّلیه را بطور دایمی حفظ می کند.

مطالعهٔ سنگواره می تواند به وسیلهٔ مقطع ظریفی که توسّط الماس برداشته و ساییده و به اندازهٔ کافی نازك شده به حدّی که نور بتواند از آن عبور کند انجام شود سپس می توان آنها را با میکروسکپ مرکّب بررسی کرد. روش ساده دیگر برای مطالعهٔ سنگواره، کندن سطح بریده شده به وسیلهٔ یک اسید رقیق و سپس مالیدن یک قشر پلاستیکی روی آن می باشد. به محض

این که ورقهٔ پلاستیکی سخت شد از روی آن کنده شده و مورد مطالعه قرار می گیرد. چنین پوسته هایی جزئیات میکروسکپی جسم را که در تماس با آن بوده نشان می دهد. سنگواره ها معمولاً به وسیلهٔ دیرینه شناسان گیاهی (گیاه شناسانی که موادّ گیاهی فسیل شده را مطالعه می کنند) در تحقیقاتشان استفاده می شوند.



شکل ۲۷-۲۰ سنگواره های چوب

کوپرولیتها

کوپرولیتها مدفوعات فسیل شدهٔ حیوانات و انسانهای دورانهای گذشته می باشند. کوپرولیتها ممکن است حاوی دانه های گرده و بخشهای دیگر گیاهان یا جانوران باشند که کلیدی برای شناخت موادّ غذایی، زیستگاه، و فرهنگ موجودات زندهٔ گذشته می باشند.

فسیلهای تغییر نیافته

بعضی از گیاهان و جانوران که درون پیکره های آبی یا نفتی قرار گرفتند به علّت نوع موادّ موجود و نبودن اکسیژن پدیدهٔ تخریب و تجزیه رخ نداده است. بعضی جانوران

در دشتهای پر از برف جان سپردند و پیکرهٔ آنها بطور دایمی منجمد شد. در چنین مواقعی نمونه ها بدون تغییر حفظ شدند. فسیلهای دست نخورده خصوصاً نوع منجمد شدهٔ آنها، نادر هستند.

خلاصه

۱. چهار شاخه گیاهان آوندی بدون دانه شناخته شده است. اعضای شاخهٔ پسیلوفتیا (سرخسهای ریش دار) نه برگ دارند و نه ریشه، لیکن دارای ساقه هایی هستند که انشعابات چنگالی ایجاد می نمایند. اعضای شاخهٔ لیکوفیتا (خزه های چوگانی و گیاهان ایزوئتز) غالباً دارای برگهای کوچک فتوسنتزی می باشند. (برگهای با یک رگ برگ که ردّ آن بدون فاصلهٔ برگی است). اعضای شاخهٔ سنفنوفتیا (دم اسبیان و گیاهان پاك کننده) دارای ساقه های شیاردار و برگهای فلس مانند غیر فتوسنتزی می باشند. اعضای شاخهٔ پتروفیتا (سرخسها) دارای برگهای بزرگ (برگهای با بیش از یک رگ برگ و همراه با فاصلهٔ برگی) می باشند.

۲. سرخسهای ریش دار (پسیلوتوم) ساده ترین گیاهان آوندی زنده محسوب می شوند. دارای ساقه های سبزی هستند که انشعابات چنگالی مساوی ایجاد نموده و دارای زوایدی بنام اناسیون هستند لیکن بدون برگ و ریشه می باشند. ساقه دارای یک استوانهٔ مرکزی حامل آوندهای چوبی و آبکش است.

۳. هاگهای سرخس ریش دار که در اسپورانژها واقع در طول ساقه ایجاد می شوند به شکل یک گامتوفیت کوچک ساپروفیت رویش می نمایند که در سطح آن آرکگونها و آنتریدی ها پخش می باشند. پس از لقاح، تخم تولید یک پا و یک ریزوم می کند. ساقه های هوایی هنگامی که ریزوم از پا جدا می شود به وجود می آیند.

۴. یک خویشاوند استرالیایی سرخس ریش دار بنام تمزیپریس دارای زایده های برگ مانندی است. گیاهان فسیل شده شبیه سرخسهای ریش دار در تشکیلات زمین شناسی سیلورین پیدا شده است.

۵. خزه های چوگانی کنونی دارای دو جنس زنده هستند. کاجهای زمینی (لیکوپودیوم) اسپورانژها را در محور اسپوروفیلها (برگهایی که با اسپورانژ همراه می باشند) ایجاد می نمایند. سلّول مادر هاگ درون اسپورانژ وارد تقسیم میوز شده هاگهایی را ایجاد

می نمایند که هنگام رویش ایجاد گامتوفیتی می کند که حامل آرکگونها و آنتریدیها می باشد. از یک گامتوفیت چند اسپوروفیت ممکن است ایجاد شوند.

۶. خزه های چوگانی کوچک (سلاژینلا) دارای زبانه (زایدهٔ کوچک زبان مانند) در هر اسپوروفیل می باشند. این گیاهان همچنین هتروسپور و ناجور هاگ هستند یعنی ایجاد میکروسپوروفیل و میکروسپورانژ حاوی میکروسپور و مگاسپوروفیل و مگاسپورانژ حاوی مگاسپورهای بزرگ را می کنند. میکروسپورها، به گامتوفیتهای نر و آنتریدی و مگاسپورها به گامتوفیت ماده و آرکگون، تبدیل می شوند.

۷. گیاهان سیخ دار ایزوئتز همچنین هتروسپوری بوده و میکروفیلهای سیخ مانند دارند که از بخش پایینی کورم مانند ایجاد می شوند. کورم دارای لایهٔ زایندهٔ کامبیوم است که سالها فعّال می ماند.

۸. بعضی از خویشاوندان فسیل خزه های چوگانی اعضای غالب جنگلها و مردابهای دوران کربونیفر را، تشکیل می داده اند.

۹. هاگهای خزه های چوگانی به عنوان پودر فلاش، استفادهٔ دارویی و پودر متوقّف کنندهٔ خون ریزی مورد استفاده قرار می گرفته اند. خود گیاهان جهت تزیینات کریسمس و داروی مخدّر استفاده می شده است.

۱۰. دم اسبیان و گیاهان پاك کننده (اکی زتیوم) رسوبات سیلیسی را در دیواره های سلّولهای بشره متراکم نموده و لذا موادّ خوبی جهت تمیز کردن توسّط بومیان و دیگران محسوب می شدند. این گیاهان، هم به شکل منشعب، و هم غیرمنشعب یافت می شوند. ساقه ها دارای گره و شیار بوده و در هر گره برگهای کوچک فلس مانندی به شکل فراهم دارند.

۱۱. ساقهٔ دم اسب، در وسط خالی است و علاوه برآن دو حلقه از کانالهای دیگر نیز داراست. کارینال حلقهٔ درونی جهت انتقال آب است، والکولار حلقهٔ بیرونی می باشد که دارای هواست، ساقه ها از ریزم حاصل می شوند که زیر خاك به فراوانی منشعب می گردد.

۱۲. در بعضی گونه های اکی رتیوم، ساقه های غیر فتوسنتزی حامل مخروط در بهار تولید می شود. در دیگر گونه ها مخروطها در ساقه های فتوسنتزی ایجاد می شود. مخروطها از اسپورانژیوفورهایی تشکیل شده که دارای اسپورانژ می باشند. درون اسپورانژها سلّولهای مادر اسپور تقسیم میوز نموده هاگهایی با الاترهای نواری حسّاس به نوسانات رطوبت را ایجاد می نمایند.

۱۳ . تعداد مساوی از گامتوفیتهای نر و ماده ایجاد شده، لیکن گامتوفیتهای ماده ممکن است بعد از یکی دو ماه دو جنسی شوند. رشد بیش از یک اسپوروفیت از یک گامتوفیت، امری است متداول.

۱۴ . خویشاوندان قدیمی دم اسبیان درخت گونه در دوران کربونیفر حدود ۳۰۰ میلیون سال قبل می زیسته اند .

۱۵ . دم اسبیان بعد از آن که بخشهای حامل سیلیس جدا شده مورد استفادهٔ غذایی بوده اند، ولی برای تغذیهٔ انسان مناسب نیستند. همچنین آنها به عنوان داروهای مدّر، بیماریهای ادراری و سل مورد استفاده قرار می گرفته اند. مصارف دیگر آنها به صورت مواد شستشوی مو، معرّف موادّ معدنی، و براق کردن فلزّات بوده است. زغال سنگ کانل عمدةً از هاگهای دم اسبیان غول پیکر تشکیل می شود که به کربن کاهش پیدا کرده است.

۱۶ . برگهای سرخسها (فروند) انشعابات پری دارند ولی از نظر شکل بسیار متنوّع می باشند. اینها معمولاً در ابتدا کروزیر مانند هستند (حلقه ای فشرده) ولی بعداً باز شده و پهن می شوند.

۱۷ . اسپورانژها به صورت مجموعه های زرد رنگی در سطح زیرین فروند سرخس ایجاد می شوند. اسپورانژها ممکن است به شکلهای گوناگونی منظّم شده باشند ولی خیلی از اوقات به صورت مجموعه های جدا از هم بنام سور یافت می شوند. اینها ممکن است به وسیلهٔ یک بافت پرده ای بنام اندوزی محافظت بشوند. هر اسپوانژ دارای یک ردیف از سلّولهای با دیوارهٔ کلفت است بنام حلقه که در خروج هاگهای بالغ از اسپورانژ نقش دارند. هاگها از سلّولهای مادر هاگ در نتیجهٔ تقسیم میوز ایجاد می شوند.

۱۸ . گامتوفیتهای قلبی شکل سرخس که پروتال نامیده می شوند از رویش هاگها به وجود می آیند. پروتالها، هم آرکگون دارد، و هم آنتریدی . تنها یک زیگوت، به اسپوروفیت تبدیل می شود.

۱۹ . پیش سرخسها یعنی اجداد سرخسها، در رسوبات دوران دونیان حدود ۳۷۵ میلیون سال پیش پیدا شده است. سرخسها و بخصوص سرخسهای درختی به حدّی در دوران آخر کاربونیفر زیاد بودند که این دوران «عصر سرخسها» نامیده می شد. لیکن کشف دانه در بعضی از آنها در مورد رابطهٔ خویشاوندیشان سؤال برانگیز شد و لذا اصطلاح «عصر سرخسها» نیز منسوخ گردید.

۲۰. سرخسها به عنوان گیاهان زینتی و همچنین پوست آنها برای پرورش ارکیده ها مصرف می شوند. آنها همچنین برای پر کردن لحاف و در ساختمان سازی مناطق گرمسیری، به عنوان غذا، و داروگونه در داروخانه های محلّی مورد استفاده قرار می گیرند. موارد استفادهٔ دیگر سرخسها، در سبدبافی، یکی از مواد در آبجوسازی، و به عنوان یکی از مواد مورد مصرف در پارچه های مخصوص آب گیری و شستشوی اتوموبیلها می باشد. یکی از سرخسهای آب زی شناور که به صورت یک پارچه در سطح آب می روید ظاهراً لارو پشه را نابود می کند.

۲۱. فسیلها که به عنوان موادّ طبیعی و آلی باقی مانده از ماقبل تاریخ شناخته شده اند به صورتهای گوناگونی تشکیل می شوند. بسیاری از انواع فسیل مانند قالبها و حکها در نتیجهٔ مدفون شدن مواد به وسیلهٔ شن نرم یا دیگر مواد صورت گرفته است که سخت شده اند و موادّ آلی آنها تدریجاً با آب شسته شده است.

۲۲. سنگواره ها موادّ سنگ مانندی است که ساختمانهای اوّلیهٔ سلّولها در آنها حفظ گردیده است. کوپرولیتها، مدفوعات فسیل شده ای هستند که حامل دانه های گرده و دیگر بخشهای گیاهی و جانوری می باشند. فسیلهای دست نخورده، آنهایی هستند که در نتیجهٔ افتادن و فرو رفتن گیاهان و جانوران در پیکره های روغن یا آب و یا در صحراها و دشتهای پر از برف صورت گرفته و فرصت پوسیدگی یا تخریب را نداشته اند.

پرسشهای یادآوری

۱. چه خواصّ اصلی، سرخسها و خویشاوندانشان را از موجوداتی که تا به حال مطالعه شده اند متمایز می نمایند؟

۲. چگونه می توان گامتوفیت سرخس ریش دار را از گامتوفیت سرخس حقیقی متمایز نمود؟

۳. کدام یک از خویشاوندان سرخسها دارای برگ فعّال می باشد؟ در گیاهانی که برگ فعّال ندارند نیاز هیدراتهای کربن چگونه برآورده می شود.

۴. چگونه می توان بین کاجهای زمینی، خزه های چوگانی، و گیاهان سیخ دار ایزوئتز، تفاوت قایل شد؟

۵. خزه های چوگانی قدیم چگونه از گیاهان امروزه مشخّص می شوند؟

۶. هاگها و گامتوفیتهای مادهٔ دم اسبیان چه خصوصیاتی دارند که آنها را از هاگها و گامتوفیتهای گیاهان دیگر که تا کنون دیده‌ایم متمایز می نماید؟
۷. جایگاه و نقش کانالهای کارینال چیست؟
۸. به عقیدهٔ شما آیا خزه های چوگانی و دم اسبیان امروزه بیشتر برای انسان مفیدند یا آنها که در دورانهای گذشته زمین شناسی می زیسته اند ؟ چرا؟
۹. این اصطلاحات را معنی کنید؛ کروزیر، راکیس، پنیا، انیدوزیوم، پروتالوس، و پری فرن.
۱۰. دیاگرام چرخهٔ زندگی یک سرخس معمولی را رسم نمایید.
۱۱. استفاده های کنونی و گذشتهٔ انسان از سرخسها را خلاصه کنید.
۱۲. فسیلها چگونه تشکیل می شوند و چند نوع از آنها وجود دارد؟

پرسشهای تشریحی

۱. آیا به نظر شما از این که اسپوروفیتها و گامتوفیتهای سرخس ریش دار به یک طریق انشعاب حاصل می نمایند اهمیّت دارد؟
۲. آیا خزه های چوگانی (سلاژینلها)که دو نوع هاگ و گامتوفیت ایجاد می نمایند نسبت به کاجهای زمینی که تنها یک نوع هاگ و گامتوفیت ایجاد می کنند مزیّت دارند؟
۳. بعضی از گامتوفیتهای خویشاوندان سرخسها در زیر زمین ایجاد می شوند، و بعضی دیگر در سطح خاك ، اگر شما به جای یک گامتوفیت بودید کدام را ترجیح می دادید؟ چرا؟
۴. پس از پی بردن به ساختمان درونی ساقهٔ دم اسبیان، آیا می توانید نقشی برای حضور سیلیس را در شیارها پیشهاد کنید؟
۵. اگر همهٔ سرخسها درچندسال آینده از بین بروند، شما چگونه تحت تأثیر قرار خواهید گرفت؟

منابع اضافی

Bir, S. S. 1980. *Pteridophyta: some aspects of their structure and morphology.* Houston, TX: Scholarly Publications.

Cobb, B. 1975. *A field guide to the ferns and their related*

families. Boston: Houghton Mifflin Co.
Dyer, A. E., ed. 1979. *The experimental biology of ferns*. San Diego, CA: Academic Press, Inc.
Gensel, P. G., and H. N. Andrews. 1984. *Plant life in the Devonian*. New York: Praeger Publishers.
Grillos, S. J. 1966. *Ferns and fern allies of California*. Berkeley: University of California Press.
Jermy, A. C., J. A. Crabbe, and B. A. Thomas, eds. 1984. *The phylogeny and classification of the ferns*. Reprint of 1973 ed. Forestburgh, New York: Lubrecht and Cramer.
Lellinger, D. B. 1985. *A field manual of the ferns and fern allies of the United States and Canada*. Washington, DC: Smithsonian Institution Press.
Lloyd, R. M. 1964. "Ethnobotanical uses of California pteridophytes by western American Indians." *American Fern Journal* 54: 76–82.
Mickel, J. 1979. *How to know the ferns and fern allies*. Pictured Key Nature Series. Dubuque, IA: Wm. C. Brown Publishers.
Puri, H. S. 1970. "Indian pteridophytes used in folk remedies." *American Fern Journal* 60: 137–43.
Raghaven, V. 1989. *Developmental biology of fern gametophytes*. New York: Cambridge University Press.
Sporne, K. R. 1975. *The morphology of pteridophytes. The structure of ferns and allied plants*, 4th ed. Atlantic Highlands, NJ: Humanities Press, Inc.
Stewart, W. N. 1983. *Paleobotany and the evolution of plants*. New York: Cambridge University Press.
Tryon, R., and A. Tryon. 1982. *Ferns and allied plants: with special reference to tropical America*. New York: Springer-Verlag.
Turner, N. J. 1975. *Food plants of British Columbia Indians. Part 1: Coastal peoples*. Victoria: British

فصل بیستم و یکم ـ مقدّمه ای بر گیاهان دانه دار : بازدانگان

رؤوس مطالب

برخی اهداف فراگیری

نظر اجمالی

مقدّمه

شاخهٔ کونیفروفیتا ـ مخروط داران

کاجها

ساختمان و شکل

تولیدمثل

مخروط داران دیگر

بازدانگان دیگر

شاخه سیکادوفیتا ـ سیکادها

شاخهٔ گینکوفیتا ـ گینکوها

شاخهٔ گنتوفیتا ـ گنتومها

انسان و روابط اکولوژیکی بازدانگان

مخروط داران

دیگر بازدانگان

خلاصه

پرسشهای یادآوری

پرسشهای تشریحی

منابع اضافی

کاج شکری (Pinus lambertiana) و کاج زرد غربی (P. ponderosa)

فصل بیست و یکم

مقدّمه ای بر گیاهان دانه دار : باز دانگان

برخی اهداف فراگیری

۱ - شناخت ویژگیهای مشترك مخروطهای نر و ماده و وجوه تمایز آنها

۲ - شناخت تفاوتهایی که چهار شاخهٔ بازدانگان را متمایز می نماید

۳- فراگیری تغییرات برگهای کاج، در ارتباط با شرایط ناسازگار محیطی

۴- شناخت جایگاه ساختمانهای زیر در دورهٔ زندگی یک کاج : آرکگون، تخم‌زا، اسپرم تاژکدار، گامتوفیتهای نر و ماده، اسپوروفیت، اینتگومنت، آوندها، سلّولهای مادرهاگ، جنین، و دانهٔ گرده.

۵- تشریح عمل هریک از موارد زیر : کانالهای رزین، سلّولهای آلبومینی، قارچهای میکوریز، بافت نوسل، سلّول زایشی، و مگاسپور.

۶- آشنایی با کاربرد حدّاقل ده نمونهٔ مخروط دار

۷- آشنایی با سه نمونهٔ بارز شاخهٔ گنتوفیتا

نظر اجمالی

این فصل با بررسی تفاوتهای بین سرخسها و گیاهان دانه دار شروع می شود و سپس بطور خلاصه به تاریخچهٔ زمین شناسی بازدانگان اشاره می گردد. برگها، ریشه ها، و ساقه های

درختان کاج توضیح داده می شود و همچنین کاج برای به تصویر کشیدن دورهٔ کامل زندگی یک گیاه دانه دار مورد استفاده قرار می گیرد. سپس به شرح مختصری از مخروط داران بیشتر از آن جمله سرخدارها، پودوکارپها، اُرسها، و درختان جنگل قرمز اشاره خواهد شد. همچنین بازدانگان دیگر نظیر سیکادها، گینگوها، افدرا، گنتوم، و ولویشیا، دنبال خواهند شد. این فصل با خلاصه ای از روابط اکولوژیکی انسان و بازدانگان با تأکید بر مخروط داران خاتمه می یابد.

مقدّمه

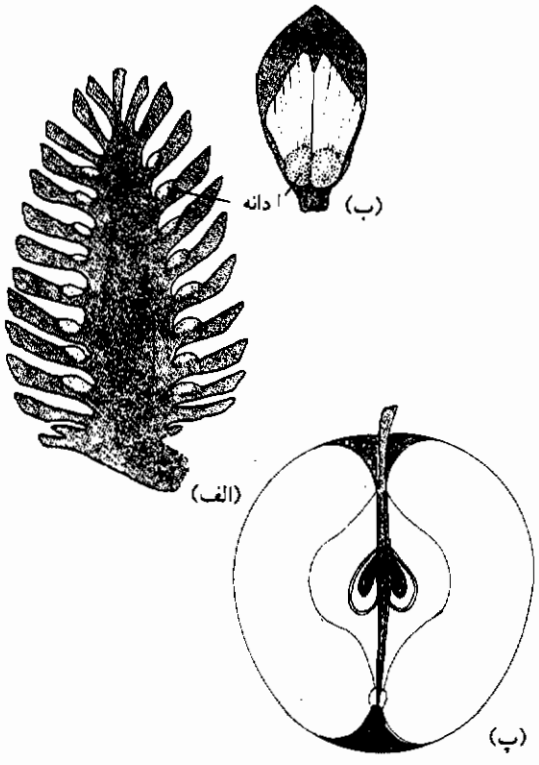
بعضی سرخسهای درختی عظیم الجثّه که برگهای با وقار و بزرگی در بالای تنهٔ غیر منشعب دارند (شکل ۲۵-۲۰) شبیه درختان نارگیل هستند. هرکس که در پایین درخت نارگیلی نشسته باشد و هنگامی که میوه های سنگین آن می افتد، بطور ناگهانی متوجّه تفاوت اصلی آنها و سرخسها می شود. درختان نارگیل، گیاهان گلداری هستند شبیه گیاهان مخروط دار مانند کاج که به وسیلهٔ دانه تولید مثل می کنند، در حالی که هیچ کدام از سرخسها دانه ای ایجاد نمی کنند.

قدیمترین دانه های شناخته شده به وسیلهٔ گیاهان دوران دونین، بیش از ۳۵۰ میلیون سال پیش تولید شده است. دانه به گیاهانی که به خشکی وارد شده اند، قدرت سازش زیادی می دهد برخلاف هاگها، دانه ها دارای پوشش محافظ و ذخیرهٔ موادّ غذایی (معمولاً به صورت آلبومن) برای جنین هستند که با آن توانایی خواب را برای زمانهای طولانی در یخ بندان، و خشک سالی دارد و حتّی بعضی دانه ها بعد از آتش سوزی نیز زنده می مانند. این ارزشهای حیاتی دانه ها مسلّماً نقش مهمّی را در گیاهان دانه دار ایفا می کند و از این جهت توانسته اند تا به امروز به صورت رستنی های غالب در سطح کرهٔ زمین رویش نمایند.

بطوری که در فصل ۲۰ توضیح داده شد گیاهان دانه دار اوّلیه خیلی شبیه سرخسها بوده اند. آنها ابتدا با سرخسها طبقه بندی می شدند ولی هنگامی که فسیلها با دانه های آشکاری بر سطح فروند کشف شد پتریدوسپرمها (سرخسهای دانه دار) با باز دانگان طبقه بندی شدند.

نام باز دانه از دو واژهٔ یونانی "gymnos" به معنی برهنه و "Aferma" یعنی دانه، مشتق شده است. این نام، به طبیعت دانه های برهنه و آشکار اشاره می کند که به جای این که درون

میوه مطابق آنچه که در گیاهان گلدار اتّفاق می افتد محصور شوند (شکل ۱-۲۱) در سطح اسپوروفیلها و ساختمانهای مشابهی تولید می شوند. اسپوروفیلهای تولید کننده دانه غالباً به صورت مارپیچی در سطح مخروط ماده همراه با مخروط کوچکتر نر که تولید دانه گرده را می کند روی گیاه اسپوروفیت ایجاد می شوند. گامتوفیت ماده درون یک تخمک ایجاد می شود که دارای یک بافت خورش(نوسل) گوشتی و مغذّی است و خود نیز به وسیلهٔ یک یا بیشتر لایهٔ بافت بیرونی دیپلوییدی احاطه شده است. این لایه های بافت خارجی پوسته (اینتگومنت) را تشکیل می دهند که بعد از لقاح و رشد جنین، تبدیل به پوست دانه می شوند (شکل ۶-۲۱).



شکل ۱-۲۱ مقایسه‌ای بین دانه‌های برهنهٔ بازدانگان و دانه‌های نهفتهٔ نهان‌دانگان :
الف-دانه‌های برهنهٔ مخروط چوبی ماده؛ ب ـ یك فلس جدا شده از مخروط ماده با ۲ دانه؛
پ- مقطعی از سیب درختی که در آن دانه‌های بسته و نهفته نشان داده شده است.

اسپوروفیتهای بازدانگان عمدةً درختی و بوته ای هستند ولی برخی بالا رونده می باشند. گامتوفیتهای آنها نسبت به سرخسها کاهش بیشتری پیدا نموده است و برخلاف گامتوفیتهای اعضای سلسلهٔ گیاهی که تا این مرحله مورد بحث قرار گرفتند زندگی آزادی را ندارند. ساختمانهای گامتوفیت همان طور که نشان داده شد به وسیلهٔ بخشهایی از اسپوروفیت احاطه می شوند.

در حال حاضر چهار شاخه از بازدانگان نمونه های زنده ای دارند. مخروط داران (شاخهٔ کونیفروفیتا) بزرگترین و مهمترین گروه را تشکیل می دهند که مجموعاً دارای ۵۷۵ گونه می باشند. کاجها، صنوبرها، درختان نوئل، هملاك (*Tsuga*)، درختان جنگل قرمز، سدرها و غیره متعلّق به این شاخه می باشند. فسیلهای بعضی از مخروط داران تعلّق به ۲۹۰ میلیون سال پیش و اواخر دوران کربونیفر دارد. بازدانگان دیگر عبارتند از سیکادها (شاخهٔ سیکادوفیتا) که برگهای نخل مانندی دارند و دانه های خود را در مخروط ایجاد می کنند، گینگوها (شاخهٔ گینگوفیتا) که برگهای کوچکتر و بادبزنی شکل داشته و دانه هایشان به وسیلهٔ یک پوشش گوشتی احاطه می شود و گنتومها (شاخهٔ گنتوفیتا) که چوب آنها دارای آوند وسل (یک عنصر ساختمانی که در بازدانگان دیگر شناخته نشده است) می باشد.

شاخهٔ کانیفروفیتا ـ مخروط داران

کاجها

بزرگترین جنس مخروط داران کاج (*Pinus*) می باشد که متجاوز از ۱۰۰ گونهٔ زنده دارد. آنها درختان غالب موجود در جنگلهای مخروط داران پهناور نیم کرهٔ شمالی هستند. آنها همچنین بطور گسترده ای در نیم کرهٔ جنوبی کاشته می شوند. ولی فقط کاج مرکوس (Merkus Pine) که در نیم کرهٔ جنوبی بطور طبیعی یافت می شود، به ندرت در منطقهٔ جنوبی تر از استوا گسترش دارد. کاجها مسنترین موجودات زندهٔ شناخته شده در دنیا هستند. کاجهای بریستل (*Pinus longaeva*) که در کوههای شرقی کالیفرنیای مرکزی و سلسلهٔ کوههای مرکزی، و مرزی بین نوادا و یوتا یافت می شود، بعضی از آنها هنوز بعد از ۴۶۰۰ سال پا برجا هستند. درخت آنها که متأسّفانه در ۱۹۶۴ بریده شد معیّن شد که حدود ۴۹۰۰ سال سن داشته است.

ساختمان و شکل

برگهای کاج که سوزنی هستند به صورت دستجات از ۲ تا ۵ برگ مرتّب شده اند (تعداد معدودی از کاجها به زیادی ۸ برگ یا به کمی یک برگ در هر دسته دارند). بی توجّه به تعداد برگ هر دسته اگر برگها در کنار هم باشند تشکیل یک لولهٔ استوانه ای یا غلاف را می دهند (شکل ۲-۲۱). در مناطقی که کاجها می رویند قسمت بالایی خاك معمولاً برای مدتی از سال یخ بسته است و ریشه ها قادر نیستند بخوبی آب را جذب نمایند. به علاوه برگها ممکن است برای شرایط بادهای شدید و سرمای سخت مناسب باشند. از این رو واجد تغییراتی هستند که آنها را قادر می سازد شرایط محیطی سخت را تحمّل نمایند.

زیر روپوست برگ یک هیپودرمیس شامل یک تا چند لایهٔ سلّول دیوارهٔ ضخیم قرار دارد. روپوست خود به وسیلهٔ یک کوتیکول ضخیم پوشیده شده است. روزنه ها به جای این که در سطح باشند در حفره های کوچکی فرو رفته اند. رگ برگها و بافتهای همراه آنها با یک اندودرم احاطه شده است. سلّولهای مزوفیل فضاهای هوایی مشخّص مزوفیل اسفنجی گیاهان گلدار را ندارند (شکل ۸-۷ و ۴-۷).

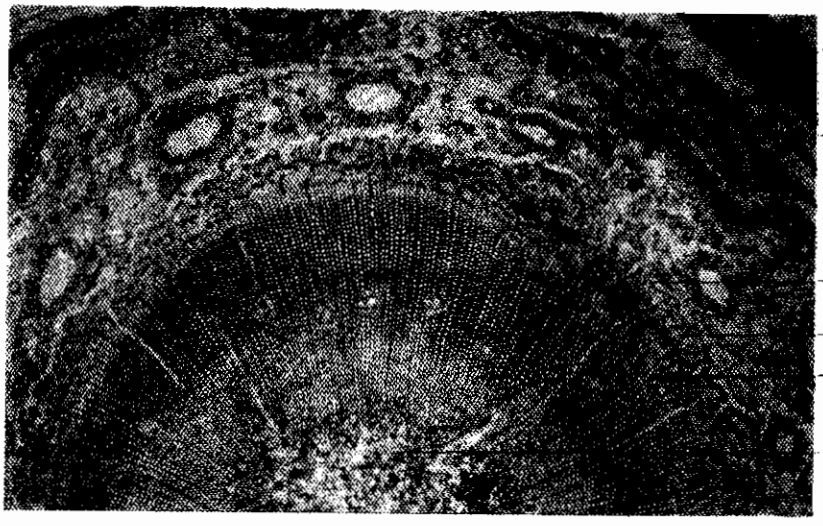
شکل ۲-۲۱ یکی از دستجات برگهای کاج در مقطع عرضی که شکل مبلهای و گرد آنها را نشان می دهد.

در مزوفیل برگ کانالهای رزین مشخّصی وجود دارد. این کانالهای رزین که در سراسر بخشهای دیگر گیاه نیز بخوبی مشاهده می شود دارای لوله هایی با سلّولهای خاصّ ترشّح رزین هستند. این مادّه که معطّر و ضدّعفونی کننده است از رشد قارچها و حملهٔ حشرات جلوگیری می کند. کانالهای رزین در مخروط داران دیگر ظاهراً در نتیجه واکنش گیاه به زخم ایجاد می شوند. برگها با غلافهایشان معمولاً بعد از گذشت ۲ تا ۵ سال خزان کرده ریزش می کنند، (فصل ۷)، ولی غلافهای کاج بریستل تا ۳۰ سال هم پایدار می مانند. هربار تعدادی از غلافها می ریزد بطوری که تعدادی از برگهای فعّال همیشه بر روی درخت سالم حضور دارند.

برخلاف آوندهای چوبی دولپّه ایها (فصل ۵) آوندهای چوبی کاجها و تعدادی از بازدانگان دیگر دارای آوندهای ابتدایی تراکیدی بوده و فاقد عناصر چوب ویژه، وسل و الیاف می باشند. به علّت عدم حضور عناصر وسل با دیوارهٔ ضخیم و فیبر، چوب کاج چوب نرم محسوب می شود در حالی که چوب درختان برگ پهن چوب سخت محسوب می شود. درجهٔ سختی و نرمی چوب البتّه از گونه ای به گونهٔ دیگر متفاوت است. در تعدادی از مخروط داران حلقه های سالانهٔ چوب غالباً نسبتهً وسیع می باشند (شکل ۳-۲۱) که نتیجهٔ رشد سریع در طی فصل رشد می باشد. کانالهای رزین بطور عمودی و افقی در سراسر بافتهای مختلف تشکیل می شوند. پوست درخت که شامل آبکش ثانویّه است اغلب ضخیم می باشد. پوست اکثر درختان دارای ضخامت حدود ۷/۵ سانتیمتر یا بیشتر است، ولی حدّاکثر ضخامت در درختان عظیم الجثّه ای مانند درختان «جنگل قرمز» امکان دارد به ۶ دسیمتر برسد. آبکش فاقد سلّولهای همراه است ولی سلّولهای دیگری بنام سلّولهای آلبومنی دارند که عمل مشابهی را انجام می دهند.

ریشه های بسیاری از بازدانگان با قارچهای میکوریز همراه می باشند (فصل ۶). در حقیقت گیاهچه های کاج در خاك سترون بخوبی رشد نخواهند کرد مگر این که به قارچهای میکوریز آلوده شوند. ریشه های کاجهای مجاور یکدیگر معمولاً درهم بافته می شوند. پیش گامان نیوانگلند (بخشی از شرق آمریکا) به هنگام مشخّص کردن زمینهایشان، از این ویژگیهای کاجها استفاده می کردند. پس از انداختن تاج درختان کنده های آنها را به همراه ریشه هایی که هنوز به آن متّصل

بودند به عنوان تیر برای حصار به کار می گرفتند و بدین صورت حصارها برای چندین سال دوام داشتند.



شکل ۳-۲۱ بخشی از مقطع عرضی ساقهٔ کاج که حلقهٔ رشد را نشان می‌دهد.

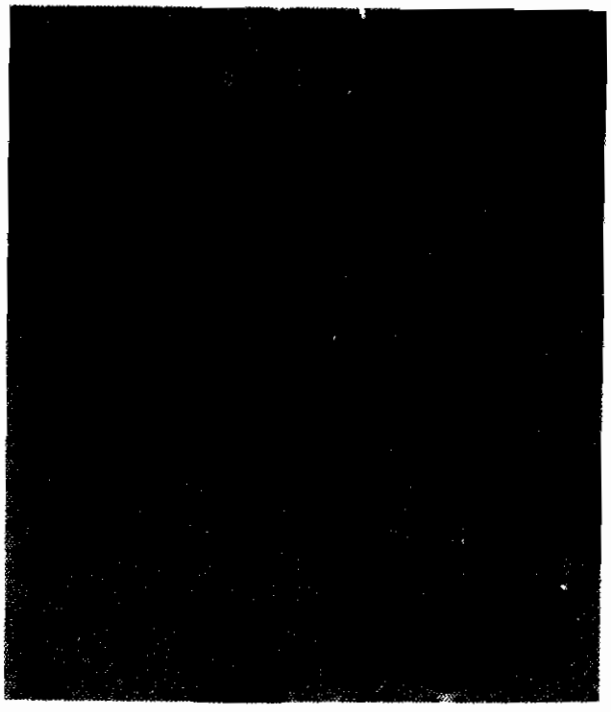
تولید مثل

در کاجها مانند علف خوك و ایزوئیتز و تعداد کمی از سرخسها دو نوع هاگ تولید می شود (شکل ۷-۲۱). میکروسپورها درون میکروسپورانژها تولید می شوند. میکروسپورانژها به صورت دوتایی در قاعدهٔ فلسهای غشایی یا کاغذی قرار دارند. فلسها با نظم مارپیچی یا فراهم حول محور مخروط یا استروبیلوس قرار می گیرند. مخروطهای نر (مخروطهای دانه گرده نیز گفته می شوند) معمولاً در بهار به صورت خوشه ای بالغ بر ۵۰ مخروط یا بیشتر در رأس شاخه های پایینتر قرار می گیرند. آنها پس از رهایی دانه های گرده پژمرده شده و از درخت می افتند.

سلّولهای مادر میکروسپور درون میکروسپورانژ هرکدام تقسیم میوز انجام داده و تولید ۴ میکروسپور هاپلوییدی را می کنند که هرکدام بعداً به دانهٔ گرده تبدیل می شوند. هر دانهٔ گرده دارای چهار سلّول و یک جفت کیسهٔ هوایی بیرونی است که شبیه بالهای آبی ظریفی ظاهر

می شوند (شکل ۵-۲۱). این کیسه ها باعث سبک شدن دانه های گرده شده و در انتقال آنها به فواصل دور دست توسّط باد دخالت دارند. کاجها دانه های گرده را به تعداد نجومی تولید می کنند. برای مثال تخمین زده شده که هرکدام از ۵۰ یا بیشتر مخروط نر که روی یک درخت وجود دارد ممکن است بیش از یک میلیون دانهٔ گرده تولید کنند و در روی یک درخت گاه ممکن است صدها خوشهٔ مخروط نر ایجاد شود. دانه های گرده به صورت گرد زرد رنگی در سطح اتومبیلها، بوته زارها و هرچیز مشابه جمع می شوند. آنها غالباً کف آشکاری را در سطح استخرها و آبهای ایستادهٔ دیگر می سازند.

شکل ۴-۲۱ مجموعه ای از محروطهای نر کاج



شکل ۵ - ۲۱ دانه های گردهٔ کاج بطوری که زیر میکروسکپ ظاهر می شوند. جفت بخشهای تیره که به هر کدام از دانه های گرده وصل هستند کیسه های هوایی هستند که باعث سبک شدن دانهٔ گرده می شوند.

مگاسپورها درون مگاسپورانژها و درون تخمکها ایجاد می شوند که در قاعدهٔ فلسهای مخروط ماده قرار دارند. مخروط یا استروبیلوس ماده («مخروط دانه» نیز نامیده می شود) نسبت به مخروطهای نر بسیار بزرگتر است. در کاج لامبرتیانا (*P. lambertiana*) طول مخروط ماده به ۶ دسیمتر، و وزن مخروط در کاج کولتری (*P. coulteri*) به ۲٫۳ کیلوگرم می رسد. هنگام بلوغ، مخروطهای ماده دارای فلسهای چوبی بوده و به همراه براکته های آشکار بین آنها با نظم مارپیچی حول محور مخروط قرار می گیرند. این مخروطها بر روی شاخه های بالایی همان درختی که مخروط نر دارد ظاهر می شوند. تخمکها (شکل ۶-۲۱) که به صورت جفت در قاعدهٔ هر فلس مخروط نابالغ وجود دارند، درشت تر و پیچیده تر از میکروسپورانژهای موجود در مخروطهای نر می باشند. هر تخمک حاوی یک مگاسپورانژ است که درون بافت

مغزی پر سلّولی بنام خورش قرار گرفته و به وسیلهٔ یک لایهٔ اینتگومنت ضخیم محصور شده است. اینتگومنت یا پوسته دارای یک روزنه بنام سُفت است که به سمت مرکز مخروط باز می شود. اینتگومنت بعداً به پوست دانه تبدیل می گردد.

شکل ۶-۲۱ مقطع طولی یك تخمك كاج

یک سلّول مادر مگاسپور درون مگاسپورانژ (خورش) در هر تخمک تقسیم میوز انجام داده و تولید یک ردیف مگاسپور تا اندازه ای درشت را می کند. بزودی همهٔ مگاسپورها بجز یکی به تحلیل می روند. یک سلّول باقی مانده به کندی و بعد از چند ماه به گامتوفیت ماده تبدیل می شود که سرانجام دارای چند هزار سلّول می شود. در پایان رشد گامتوفیت ۲ تا ۶ آرکگون در یک انتها و زیر سفت تمایز حاصل می نماید. هر آرکگن دارای یک تخم زا نسبةً بزرگ می باشد. اغلب وقتی که مقطع نازك رنگ آمیزی شده ای از تخمک کاج زیر میکروسپ مشاهده می شود تنها یک ارکگن و تخم زا ممکن است مشاهده شود و یا منفذ سفت ممکن است ناپیدا باشد. این وضعیت به کرّات اتّفاق می افتد زیرا تیغی که مقطع گرفته، درست از وسط تمام ساختمانها نگذشته است.

مخروطهای ماده که معمولاً در ابتدا قرمز رنگ هستند دو فصل طول می کشد تا بالغ شده سبز رنگ و سپس چوبی و قهوه ای رنگ شوند. طیّ بهار اوّل فلسهای مخروطهای قرمز رنگ نابالغ باز و پخش می باشند. در این زمان دانه های گرده به وسیلهٔ باد منتقل شده و بین فلسها

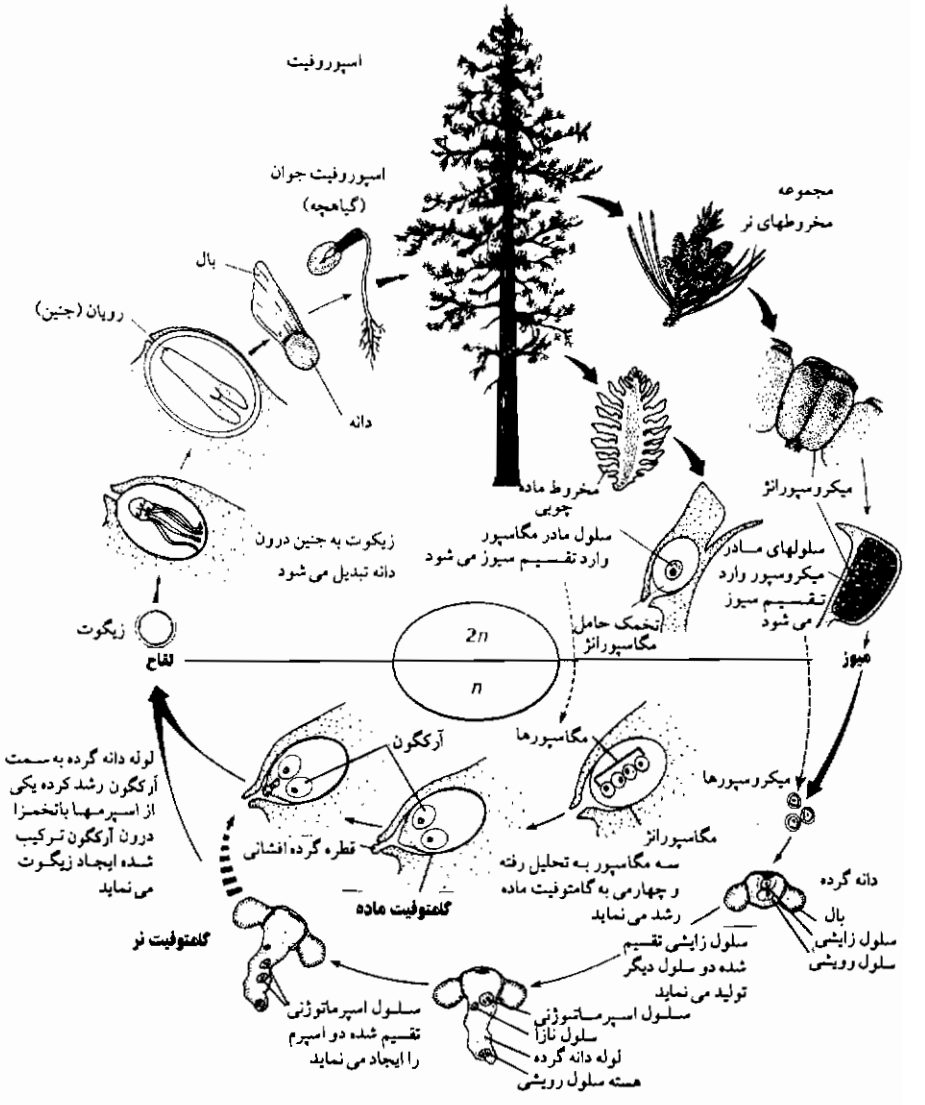
پاشیده می شوند، در آن جا دانه های گرده به قطرات چسبناکی از مایع (مایع دانه گرده) که از سفت به بیرون تراوش شده است می چسبند. به تدریج که مایع بخار شده و خشک می شود دانه های گرده به درون کشیده می شوند.

بعد از گرده افشانی، فلسها به هم متّصل شده و بسته می شوند و بدین صورت از تخمک در حال رشد محافظت می نمایند. تخمک حدود یک ماه بعد از گرده افشانی میوز انجام داده و مگاسپورها را تشکیل می دهد. و معمولاً یک سال طول می کشد تا گامتوفیت ماده برسد و ایجاد آرکگون نماید.

به موازات آن، دانهٔ گرده (گامتوفیت نر نابالغ) زایده ای بنام لولهٔ گرده ایجاد می کند که به کندی از خورش تغذیه کرده و راه خود را باز می کند و تا محدوده ای که آرکگونها در آن جا تشکیل می شوند پیش می رود. هنگامی که لولهٔ دانهٔ گرده رشد می کند ۲ سلّول از چهار سلّول اوّلیه دانهٔ گرده وارد آن می شوند. یکی از آنها که سلّول زایشی است تقسیم شده و ایجاد دو سلّول بنام سلّول نازا و سلّول اسپرم زا می کند. سلّول اسپرم زا مجدّداً تقسیم شده و تولید دو گامت نر یا اسپرم را می کند. این اسپرمها برخلاف اسپرم اعضای سلسلهٔ گیاهی که تا کنون با آنها مواجه بوده ایم (همچنین در بعضی از بازدانگان) بدون تاژك می باشند. دانهٔ گرده رشد کرده با لولهٔ دانه گرده و دو اسپرم درون آن گامتوفیت نر بالغ را تشکیل می دهند. به این نکته توجّه شود که هیچ آنتریدی تشکیل نمی شود.

حدود ۱۵ ماه بعد از گرده افشانی لولهٔ دانهٔ گرده، به آرکگنها که هم اکنون به وجود آمده اند می رسد. محتویات لولهٔ گرده تخلیه شده، یک اسپرم با تخم زا ترکیب می شود و تشکیل تخم را می دهد. اسپرم دیگر و سلّولهای باقی ماندهٔ دانهٔ گرده به تحلیل می روند. اسپرمهای دانه های گرده دیگر ممکن است با تخم زاهای آرکگنهای دیگر ترکیب شوند و هر تخم شروع به ایجاد یک جنین بنماید. این وضعیت ممکن است شبیه ایجاد دوقلوها و سه قلوها در جانوران باشد. در مرحلهٔ بعد، یک زیگوت نیز ممکن است تقسیم شده و به دو یا چهار جنین تبدیل شود. لیکن در نهایت و بطور معمول تنها یک جنین رشد نموده و کامل می گردد. در طیّ این مراحل، اینتگومنت ضخیم شده و به پوست دانه تبدیل می گردد. یک لایهٔ غشایی نازك از فلس مخروط برای هر دانه تبدیل به یک بال می شود. این بال به توزیع دانه کمک می کند و همچنین باعث پراکنش آن توسّط

سنجابها و جانوران دیگر می شود که مخروط را شکافته و باز می کنند (شکل ۷-۲۱ دیاگرام چرخهٔ زندگی کاج).



شکل ۷-۲۱ چرخهٔ زندگی یك كاج

در گونه های دیگر نظیر کاج بانکسیانا (*P. banksiana*) و کاج آتنیوآتا (*P. attenuata*) مخروطها با فلسهای بسته روی درخت باقی می مانند تا زمانی که به وسیلهٔ آتش سوزی یا افزایش سن باز می شوند. گاهی این مخروطها با اضافه شدن قطر شاخه توسّط کامبیوم بتدریج درون بافتها قرار می گیرند و محو می گردند. گزارش شده که دانه های چنین مخروطهایی بعد از آنّ که از ساقه جدا شده اند رویش حاصل نموده اند.

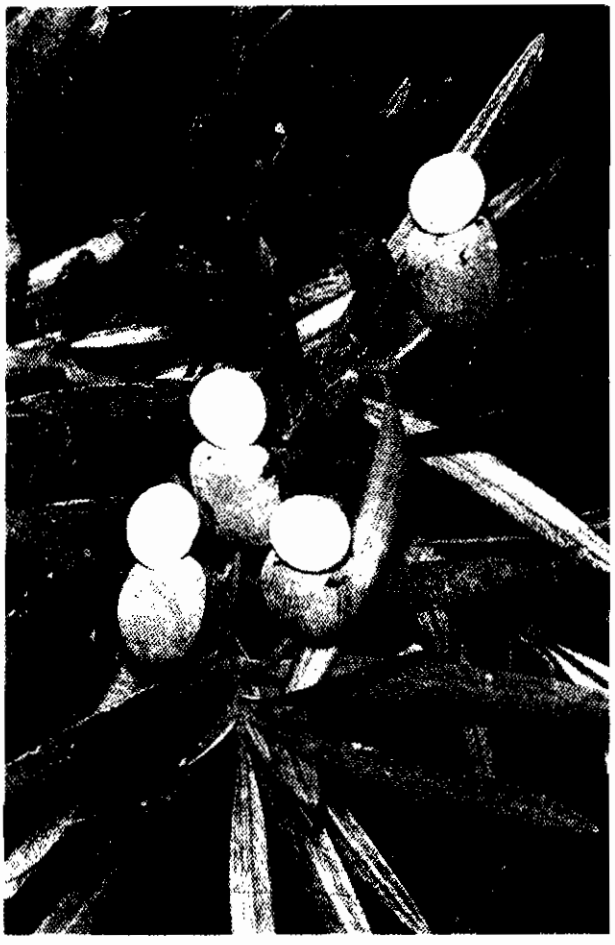
مخروط داران دیگر

بعضی از مخروط داران، مخروطهای مادّهٔ چوبی با فلسهای آشکاری را تولید نمی کنند همچنین تمام آنها مخروطهای نر و ماده را روی یک درخت به وجود نمی آورند. برای مثال در درخت سرخدار (*Taxus*) و توری (*Torreya*) تخمکها بطور انفرادی در رأس ساقه های جانبی کوتاه تولید می شوند. هر تخمک با زایده فنجان مانند گوشتی بنام آریل احاطه شده است. در سرخدار این زایده به رنگ قرمز روشن و در یک انتها باز است و به دانهٔ گوشتی شبیه زیتون شباهت دارد. دانه های گوشتی فقط روی درختان ماده تولید می گردند در حالی که مخروطهای نر و مخروطهای دانهٔ گرده روی درختان نر ایجاد می شوند.

پودوکارپ (*Podocarpus*) که از مخروط داران نیم کرهٔ جنوبی محسوب می شود بطور وسیعی به عنوان زینتی در مناطق معتدله نیز کشت می گردد. در این گیاه، دانه ها دارای پوشش گوشتی بوده و بطور انفرادی تشکیل می شوند. دانه ها شبیه دانه های سرخدار بوده ولی در یک انتها باز نیستند و دارای یک زایدهٔ اضافی در قاعده می باشند (شکل ۸-۲۱). منشأ این دانه های گوشتی مشخّص نیست و این امر باعث شده که تصوّر شود که اعضای خانواده های سرخدار و پودوکارپ خیلی زود و در مراحل اوّلیه تکامل بازدانگان از آنها جدا شده اند.

فلسهای مخروطهای مادهٔ سرو کوهی تمایل دارند در هنگام بلوغ، گوشتی شوند. بطوری که بیشتر شباهت به میوهٔ سته دارند تا مخروط. دانهٔ گرده سرو کوهی مانند دانه گرده تعدادی از مخروط داران دیگر دارای کیسه های هوایی نیستند. فلسهای مخروطهای مادهٔ سرو

آزاد و درختان جنگل قرمز در رأس پهن بوده و در قاعده باریک می شوند و مانند فلسهای مخروطهای کاج روی هم قرار نمی گیرند.



شکل ۸-۲۱ میوه‌های گوشتی پود و کارپ. به‌زایدهٔ بزرگ پایین دانه توجّه نمایید.

دو گونه از گیاهان چوب قرمز (سکویا) که در کالیفرنیا می رویند از نظر اندازه و ارتفاع و طول عمر معروف هستند. اگر ارتفاع درختان چوب قرمز به ۹۰ متر برسد عجیب نیست. یک درخت چوب قرمز در دهکده‌ای در کالیفرنیا می روید که ۱۱۱٫۶ متر ارتفاع دارد و بلندترین مخروط دار دنیا می باشد. گونه های دیگر که معمولاً موسوم به «درختان بزرگ» یا چوب

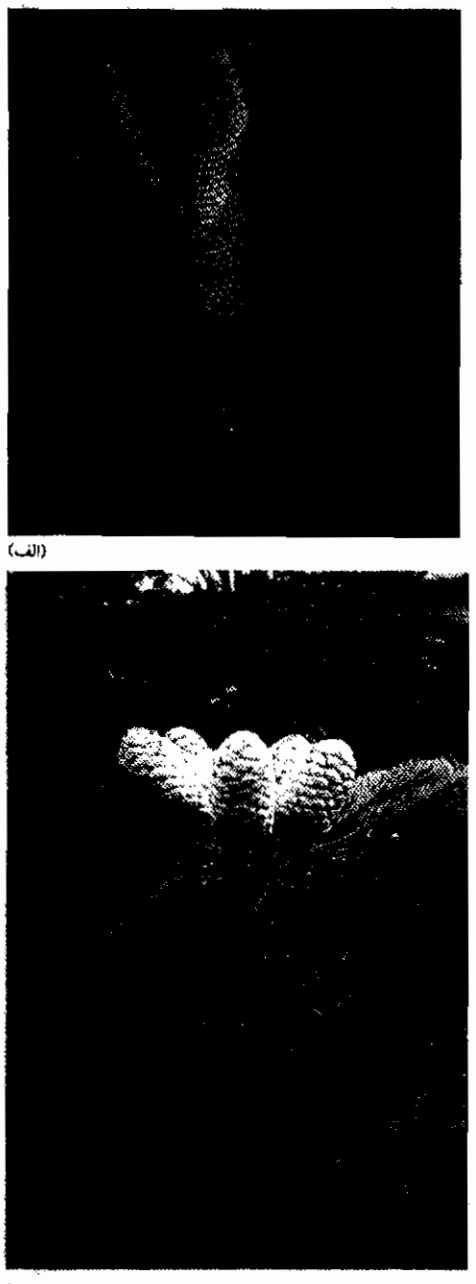
قرمزهای عظیم الجثّه هستند به شیبهای غربی رشته کوههای نوادا و کالیفرنیا محدود می شوند. اگرچه ارتفاع آنها از درختان چوب قرمز ساحلی بیشتر نیست امّا جرم کلّی آنها از چوب قرمزهای ساحلی بیشتر می باشد. درخت موسوم به ژنرال شرمن در پارك ملّی سکویا محیط قاعده آن ۳۱ متر و محیط کنده آن در فاصلهٔ ۱٫۵ متری بالای زمین به بیش از ۲۴ متر می رسد. وزن آن ۵۵۹۴ تن تخمین زده شده است. مجموع الوار این درخت متجاوز از ۵۴۰۰۰ متر مربّع بوده و برای ساخت ۷۵ خانهٔ ۵ اتاقی کافی است (گرچه چوب عموماً برای اهداف ساختمانی مناسب نیست) و چوب آن برای ۲۰ میلیارد خلال دندان کافی است. عمر این درخت به بیش از ۳۵۰۰ سال می رسد.

بازدانگان دیگر

گیاهان موجود در سه شاخهٔ بازدانگان دیگر از نظر تعداد و شهرت مانند مخروط داران نبوده و ظاهراً کاملاً با آنها متفاوتند. بعضی از آنها شبیه گیاهانی هستند که در فیلمهای علمی تخیّلی ممکن است دیده شود. آنها شامل سیکادها، گینکوها و گنتوفیتا (نی توفیتا تلفّظ می شود) می باشند.

شاخهٔ سیکادوفیتا ـ سیکادها

سیکادها گیاهان کند رشد گرمسیری و نیمه گرمسیری هستند که شباهت به سرخهای درختی و نخل خرما دارند. دارای تنه های غیر منشعب هستند که در بعضی گونه ها ارتفاع آن به ۱۵ متر می رسد و تاجی از برگهای بزرگ مرکّب شانه ای دارند. اعضای از بین رفته این شاخه یعنی سیکادیوییدها (Cycadeoids) در دوران زمین شناسی مزوزوییک فراوان بوده اند. تعداد تقریباً ۱۰۰ گونه از آنها در گیاهان امروزه موجود است که در معرض نابودی قرار دارند. چرخهٔ زندگی آنها بطور کلّی شبیه چرخهٔ زندگی مخروط داران می باشد. اسپرمهای سیکادها متحرّك است و ایجاد ۱۰ هزار تا ۲۰ هزار تاژك را می کنند که در شیارهای مارپیچی آن قرار دارند. سیکادها دوپایه هستند و مخروطهای نر و ماده که گاه بزرگ می باشند روی گیاهان مجزّا تولید می شوند (شکل ۹-۲۱). فلسهای مخروط مادهٔ بعضی گونه ها، از کرکهای پشمی و نمد مانندی پوشیده شده است و مخروطها تا یک متر طول دارند.



(الف)

(ب)

شکل ۹-۲۱ الف. یك سیکاد نر که ایجاد مخروط نموده است؛ ب. سیکاد ماده با مخروطهایش

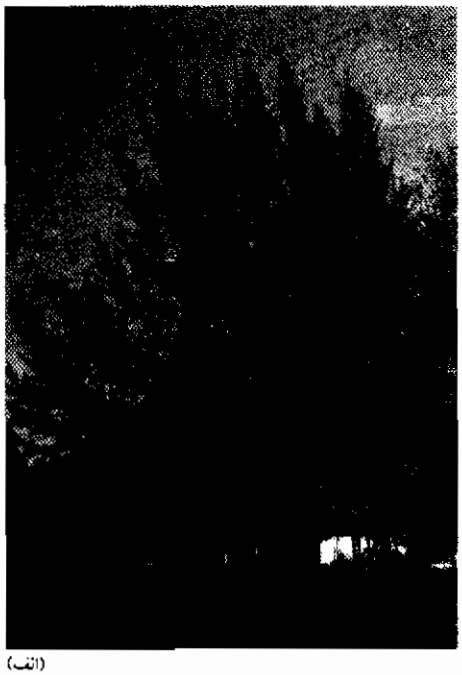
شاخهٔ گینکوفیتا ـ گینکوها

در گیاهان امروزه تنها یک گونهٔ زندهٔ گینکو (شکل ۱۰-۲۱) وجود دارد که نام آن از واژهٔ چینی به معنی «زردآلوی نقره ای» گرفته شده است. آثار فسیلی نشان می دهد که گینکو و اعضای خانواده اش پاوسعت زیادی درنیم کرهٔ شمالی گسترش داشته اند. برخلاف بعضی از گزارشات گنیکوها در جاهایی که اکنون کشت می شوند وجود نداشته اند. این گیاه غالباً فسیل زنده نامیده می شود.

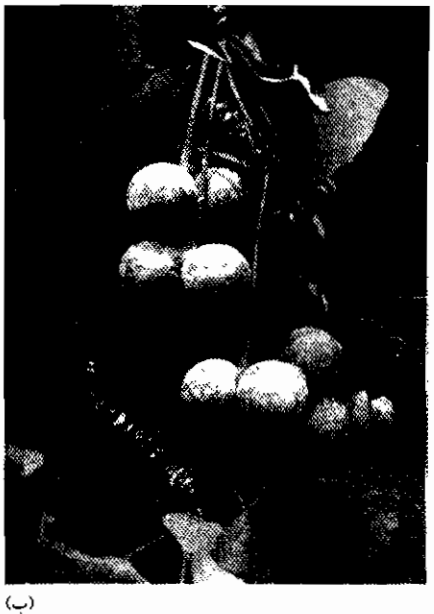
به گینکو معمولاً «درخت پر سیاوش» گفته می شود و این نام گذاری به این علت است که برگهای بادبزنی پهن و شکافدار آنها شباهت به سرخس پر سیاوش دارند. گنیکوها در ایالات متّحده بطور وسیعی کاشته می شوند و در بعضی نواحی به عنوان درخت زینتی خیابانها به کار می روند. برگها با نظم مارپیچی روی شاخه های کوتاهی قرار دارند. فاقد رگ برگ میانی یا رگ برگهای برجسته هستند. رگ برگهای آنها ظریف و دو انشعابی است و بطور متقارنی پهن می شوند. این درختان، برگ ریز بوده و برگها قبل از ریزش به رنگ زرد و طلایی روشن تبدیل می گردند. گنیکو دو پایه است، چرخهٔ زندگی با دستگاههای جنسی نر و ماده ای که روی درختان مجزّا قرار گرفته است شبیه سیکادها می باشند. اسپرمهای آنها دارای تاژك است. دانه های رسیدهٔ آنها که شبیه آلوهای کوچک است به وسیلهٔ پوشش گوشتی احاطه می شوند، لیکن گوشت دانه، رابطه ای با میوه های حقیقی ندارد. دانه ها بودار بوده و در بعضی اشخاص ایجاد حسّاسیت پوستی می کنند. به همین علّت برای اهداف زینتی از درخت نر (که ازطریق قلمه زدن تکثیر می گردد) استفاده می شود.

شاخهٔ گنتوفیتا ـ گنتومها

گنتوفیتا شامل یک گروه نامتجانس، شامل حدود ۷۰ گونه گیاهی است که در سه جنس پراکنده می باشند. آنها در داشتن آوند چوب وسل در گروه بازدانگان منحصر به فرد هستند. جنس افدرا که اعضای آن گاه صنوبر بندبند (شکل ۱۱-۲۱) نامیده می شوند بیش از نیمی از گونه های گنتوفیتا را دارا می باشد. این گیاهان بوته ای که در مناطق خشک زیست می نمایند تولید برگهای کوچکی به صورت ۲ تایی یا ۳ تایی در یک گره می نمایند. شاخه های کوچک و بندبند جوان آنها سبز رنگ بوده و فتوسنتز می کنند و غالباً به شکل فراهم ایجاد می شوند. یک بافت لوله ای شبیه گردن بطری کوچکی در زمان گرده افشانی از انتگومنت به سمت بالا کشیده می شود. مایع چسبناکی از سفت ترشّح شده و از این بافت بالا رفته و در نوك آن قرار می گیرد. دانه های گرده که توسّط باد منتقل می گردند به درون قطره کشیده می شوند. مخروطهای نر و ماده، روی یک گیاه و یا گیاهان جدا از هم تشکیل می شوند و این بستگی به گونه دارد.

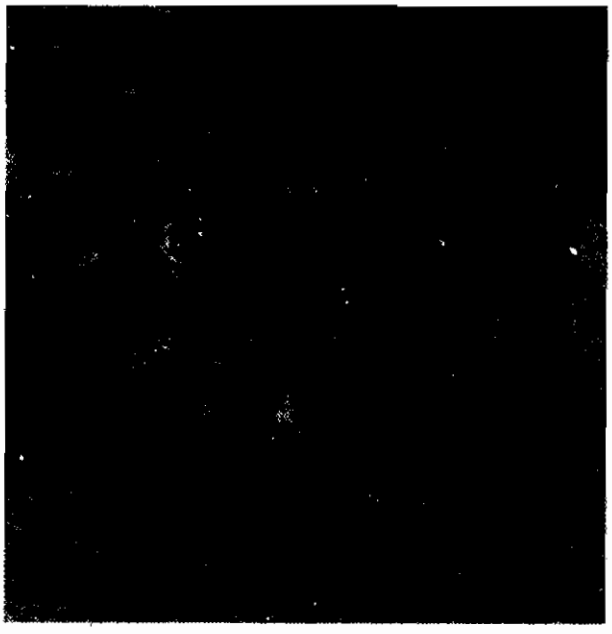


(الف)



(ب)

شکل ۱۰-۲۱ گنیکو الف. یك درخت بالغ ؛ ب. دانه‌ها و برگها



(الف)

(ب) (پ)

شکل ۱۱-۲۱ افدرا : الف ـ یك گیاه ؛ ب ـ یك انشعاب با مخروطهای نر؛ پ ـ انشعاب با مخروطهای ماده

اکثر گونه های باقی مانده در این شاخه، در جنس گنتوم (شکل ۱۲-۲۱) قرار دارند که نام متداول انگلیسی ندارد. اعضای آن که برگهای پهن شبیه گیاهان گلدار دارند، در مناطق گرمسیری آمریکای جنوبی، آفریقا، و آسیای جنوب شرقی پراکنده اند. اکثر آنها بالارونده می باشد، شناخته ترین گونهٔ آن درختی است که تا ارتفاع ۱۰ متر رشد می کند.

شکل ۱۲-۲۱ گونه ای از گنتوم بالارونده

جنس سوّم ولویشیا است (شکل ۱۳-۲۱) که تنها یک گونه دارد که به صحراهای نامیب و جنوب غربی آفریقا محدود می شوند. در این مناطق، میانگین باران سالانه فقط ۲٫۵ سانتیمتر است و در بعضی سالها به هیچ وجه باران نمی بارد. این گیاهان فتوسنتز CAM (به فصل ۱۰ رجوع شود) انجام داده و روزنه های آنها در شب باز می شود. این گیاهان ظاهراً رطوبت خود را از شبنم و مه که در شب از اقیانوس به چرخش در می آید کسب می کنند.

ولویشیا حقیقةً دارای ظاهر شگفت آوری است. ساقه که فقط به فاصلهٔ کوتاهی از سطح زمین بالا می آید به شکل یک فنجان کم عمق بزرگی است و در پایین به صورت ریشهٔ راست درازی باریک می شود. گیاهان ممکن است تا ۱۰۰ سال عمر کنند. هنگام بلوغ در سطح بخش فنجان مانند ساقه پوشش پولک مانند و خشنی به وجود می آید. قطر ساقه ممکن است از یک متر تجاوز کند. در سراسر زندگی گیاه معمولاً فقط ۲ برگ تولید می شود. این برگهای وسیع و تسمه مانند، هرکدام مریستمی در قاعده دارند. مریستمها بطور دایمی به طول برگ می افزایند.

برگها در اثر شدّت باد تکّه تکّه شده، و قطعات از هم جدا شده آن ظاهر چند برگ را ایجاد می کند ولی در رأس فرسوده می شود. طول حقیقی آنها ممکن است تا یک متر برسد. مخروطهای نر و ماده در گیاهان مجزّا روی محورهای کوتاهی در زاویه بین برگ و ساقه تولید می شوند و در اطراف و لبه های فنجان قرار می گیرند.

شکل ۱۳-۲۱ یك گیاه ولویشیا در صحرای نامیبیا

انسان و روابط اکولوژیکی بازدانگان

شعری از هنری ابی Henry Abbey

ما چه می کاریم وقتی که یک درخت می کاریم
ما یک کشتی می سازیم که دریاها را می پیماید
ما دکلها را می کاریم که بادبانها را نگاه می دارد
ما ستونهای محافظ را در مقابل توفانها می کاریم
ما یک کشتی می کاریم وقتی که یک درخت می کاریم

ما چه می کاریم وقتی که یک درخت می کاریم
ما خانه برای خود و شما می کاریم
ما سقف و کف و شیروانی خانه را می کاریم
ما، درها و پنجره ها و چهار چوبها را می کاریم
ما ستونها، اتاقها و همهٔ قسمتهای خانه را می کاریم
ما یک خانه می کاریم وقتی که یک درخت می کاریم

ما چه می کاریم وقتی که یک درخت می کاریم
هزاران چیز که هر روز می بینیم
شامل چوب پرچم کشور خودمان را می کاریم
ما سایه ها را در مقابل آفتاب سوزان می کاریم
وماهمهٔ این چیزهارا می کاریم وقتی که یک درخت می کاریم

باز دانگان به عنوان یک گروه از گیاهان در تأثیر گذاشتن در زندگی روزمرّهٔ ما بعد از گیاهان گلدار در درجه دوم اهمیّت قرار می گیرند. وقت کم اجازه نمی دهد که به نقل همهٔ جزئیات بپردازیم که گیاهان در آنها دخالت دارند. در قسمت بعدی، چکیده ای از بعضی از استفاده های کاربردی آنها در گذشته و حال، ارائه می شود.

مخروط داران

در اوایل دههٔ ۱۹۷۰ طبیعی دان و نویسندهٔ باسابقه بنام یول گیبونز[1] یک سری برنامه های تجارتی تلویزیونی درست کرد که استفاده های چندین گیاه وحشی را از نظر غذایی مورد توجّه قرار داد. در یکی از این برنامه ها از مخاطبانش سؤال کرد که آیا از درخت کاج خورده اند، و اضافه نمود که بسیاری از قسمتهای کاج خوراکی است. خوراکی بودن بخشهایی از تعدادی مخروط دار برای آمریکاییهای بومی (سرخ پوستان) قبل از این که اروپاییها به قارّهٔ آمریکا قدم بگذارند شناخته شده بود. در واقع اوّلین کاشفان ملاحظه کردند که پوست تعداد زیادی از کاجها کنده شده است. برای قرنها قسمتهای درونی پوست کاج (آبکش و کامبیوم) در مواقع اضطراری به عنوان غذا به کار برده می شده، عقیده براین است که کوههای آدیروندك[2]

1- Euell Gibbons 2- Adirondack

در نیویورك نام خود را از واژهٔ سرخ پوستان موهاك[1] به معنی «خورندهٔ درخت» گرفته است. این مطلب بر می گردد به آمریکاییهای بومی که از پوست درونی کاج سفید شرقی استفاده می کردند. این مواد (مخصوصاً محتویات آبکش) قندی است و طعم شیرین دارد. بعضی قبیله ها این مواد را خام به مصرف می رساندند، بعضی آنها را خشک کرده و به آرد تبدیل می کردند، و دیگران آنها را جوشانده یا به صورت نوارهای خشک شده ای به منظور مصرف زمستانی ذخیره می نمودند. مهاجرین اوّلیهٔ نیوانگلند نوارهای پوست درونی کاجهای سفید شرقی را به یک نوع شیرینی تبدیل می کردند. و همچنین به منظور جلوگیری از اسکوربوت مهاجرین و سرخ پوستان از برگهای سوزنی کاج که غنی از ویتامین C است چای درست می کردند و می نوشیدند.

تقریباً دانه های تمام کاجها مصرف خوراکی دارند ولی کاجهای شمال غربی آمریکا گونه های درشت تر و خوش طعم تری دارند. محتویات پروتئینی آنها معمولاً بین ۱۵ تا ۳۰ درصد، و بقیهٔ آن روغن است. سرخ پوستان کالیفرنیا بویژه دانه های نوع کاج بنام کاج (*P. sabiniana*) را دوست داشتند. ولی حتّی دانه های کوچک کاج پاندروزا (*P. Panderosa*) را به صورت خام و یا آرد آن را در نان و سوپ مصرف می کردند. مخروطهای کاج پی نیون (*P. edulis*) به وسیلهٔ قبایل جنوب غربی جمع آوری شده و برای به دست آوردن دانه هایشان، به درون آتش انداخته می شدند. سپس دانه ها را کوبیده و از آنها سوپ و کیک تهیّه می کردند. سوپ آنها برای تغذیهٔ کودکان به کار می رفت. در سیبری روستاییان دانه های کاج سفید سیبریایی را خُرد کرده و از آنها روغنهای مقوّی به دست می آودند، ولی استفاده آنها بعد از آن که روغنهای ذرّت و دانهٔ پنبه در دسترس قرار گرفت کاهش یافت.

در ایتالیا و بعضی بخشهای دیگر اروپا، دانه های کاج سنگی اروپایی (*P. Pinea*) معروف به پیگنولیا در آبگوشت و سوپ مصرف می شوند. همچنین برای تهیّهٔ کیک و شیرینی مورد استفاده قرار می گیرند. برخی دانه ها برای چنین اهدافی از ایالات متّحده صادر می گردند. تعدادی از دانه ها و آجیلها که در نانوایی تجارتی آمریکا و کیکها و شیرینیها استفاده می شوند در حقیقت دانه های کاج مخصوص هیمالیایی (*P. gerardiana*) هستند. دیگر منابع غذایی، کاج سنگی مکزیکی (*P. cembroides*) و پی نیون می باشند.

1- Mohauk

کاج سفید شرقی (*P. strobus*) برای استفاده در دکلهای کشتیهای بادبانی مورد استفاده داشته است. در عصر استعمار کارشناسان سلطنتی درختان ویژه ای را برای استفاده در تاج گذاری مشخّص می نمودند، و برای مهاجرینی که به ممنوعیت استفاده از آنها توجّه نمی کردند جریمه های سنگینی وضع می کردند؛ ولی برای مهاجرین استفاده از کاجهای سفیدی که در اثر وزش باد می افتاد و واژهٔ «باد افتاده» به آنها داده بودند مجاز بود. چوب کاج سفید شرقی دارای رزین کمتری از گونه های دیگر بود و برای ساختن صندوق، جعبه، چوب کبریت، مبل، کف پوش، قاب و امثال آنها استفاده می شود. در پایان قرن نوزدهم کاجهای سفید شرقی که ابتدا در بخشهای وسیع شمال شرقی ایالات متّحده و کانادا به فراوانی وجود داشت و همچنین جنگلهای بالدسیپروس (*Taxodium distichum*) که در جنوب شرقی ایالات متّحده وجود داشت به وسیلهٔ عمده فروشیهایی که بدون اندیشیدن به حفظ آنها بریده می شدند روبه نابودی گراییدند. زنگ کاج سفید نیز خسارتهای عمده ای به آنها وارد آورد. گرچه اکنون کاشت این درختان تشویق می شود کاربرد بیشتر از الوارهای کاج سفید امروزه در واقع ناشی از جنگلهای کاج سفید غربی است که در شمال غربی اقیانوس آرام می رویند.

در کالیفرنیا آلودگی هوا بشدّت به کاج پاندروزا آسیب رسانده است. از چندین سال پیش، سازمان جنگل بانی آمریکا آزمایشاتی را روی کاج افغانی که در مقابل خشکی و آلودگی هوا مقاوم می باشد انجام داده است. این درختان از شوروی [سابق] و نواحی مجاور آورده شده و به قصد جایگزین نمودن درختان بومی کشت شده اند. میزان رشد این گیاهان آزمایشی بسیار سریع بوده است. رشد سریع ازنظر تجاری یک ویژگی مطلوب است چون بطور قابل ملاحظه ای تولید الوار را نسبت به گونه های کم رشد یا کند رشد افزایش می دهد. لیکن ایجاد نمودن گیاهان غیر بومی به صورت اجتماعات درون اجتماعات بومی طبیعی سئوال بر انگیز است زیرا مشالهای زیادی وجود دارد که چنین فعّالیتهایی تعادل ظرفیت اکولوژیکی را کاملاً برهم می زند.

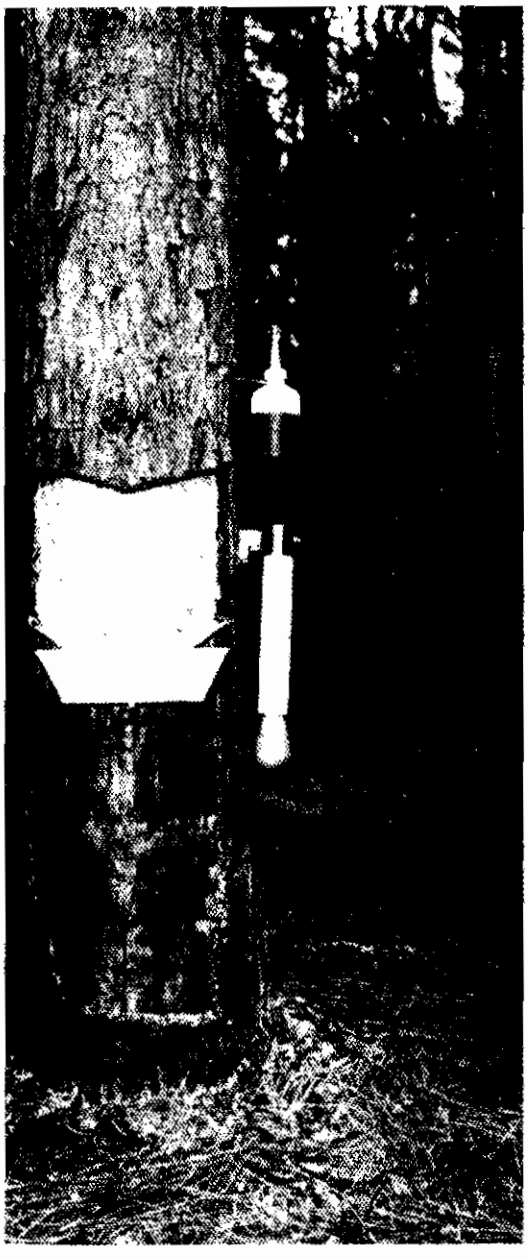
رزین تولید شده در کانالهای رزینی مخروط داران، ترکیبی است از حلاّل مایعی بنام تربانتین و یک مادّهٔ مومی بنام روزین. هنگامی که یک درخت مخروط دار زخم می شود و یا به وسیلهٔ حشرات زیان می بیند، آن ناحیه را معمولاً رزین می پوشاند و در مواقعی نیز حشرات را به دام می اندازد. تربانتین در خارج از درخت و در معرض هوا بسرعت تبخیر می شود و لایهٔ

محافظ رزین باقی می ماند که از به هدر رفتن آب و حملهٔ قارچها جلوگیری می کند. تربانتین و رزین محصولات خیلی مفیدی هستند. در جنوب ایالات متّحده و در جنوب فرانسه یک مرکز صنعتی بزرگ به استخراج و خالص سازی این مواد اختصاص دارد. این مراکز غالباً فروشگاههای نیروی دریایی نامیده می شوند و این واژه از هنگامی که ناوگان دریایی سلطنتی بریتانیا مقادیر زیادی از آنها را برای ساختن بتونه برای درزگیری کشتیهای خود استفاده می کردند متداول شد. بیشتر موادّ فروشگاههای نیروی دریایی و یک سوّم یا بیشتر الوار مورد استفاده در ایالات متّحده امروزه از گروهی از کاجهای زرد جنوبی بویژه از کاج اسلَش (*P. caribaea*) به دست می آید.

کاجهای پیچ (Pitch) (*P. rigida*) که منبع دیگری برای فروشگاههای نیروی دریایی قبل از کاجهای اسلَش و زرد بودند برای ساختن چرخهای آسیابهای آبی استفاده می شد. چوب این کاج، چون هنگام سوختن، حرارت قابل ملاحظه ای تولید می کند، همچنین به عنوان سوخت مورتورهای بخار مورد استفاده قرار می گرفت. تربانتین به عنوان مادّهٔ جلا با کیفیت بالایی مورد استفاده قرار می گیرد در حالی که رزین به وسیلهٔ موسیقی دانان روی و یولونها مالیده می شود. ورزشکاران بیس بال از رزین برای بهبود کیفیّت چوگان گیری استفاده می کردند و برروی دسته های راکت های خود می مالیدند تا مانع لغزش چوگان شود.

در گذشته از کاجهای پیچ به وسیلهٔ بومیان آمریکایی برای تعمیر و وصله کردن قایقهای بادبانی استفاده می شد. عقیده براین است که برای درزگیری کشتی نوح از کاج (*P. halepensis*) استفاده شده است. در قرن اوّل میلادی رزین کاج برای خالص سازی مشروبات الکلی به کار برده می شد، و امروزه یونانیها آن را به مشروبات ویژه ای می افزایند. کولوفونیا (Colofonia) یک واژهٔ اسپانیایی است که برای نوعی رزین استفاده می شود که به فراوانی توسّط کاجهای مونتوری (*P. radiata*) اطراف پایتخت قدیمی اسپانیا یعنی مونتوری به دست می آید. یک کشیش کالیفرنیایی بنام پادره ارویو[1] در ابتدای قرن نوزدهم عقیده داشت که کالیفرنیا نام خود را از واژهٔ کولوفونیای اسپانیایی گرفته؛ ولی کالیفرنیا نام بهشت اسطوره ای است که در یک رمّان اسپانیایی در اوایل قرن شانزدهم چاپ شده است، و چیزی جز شباهت ظاهری به هم ندارند.

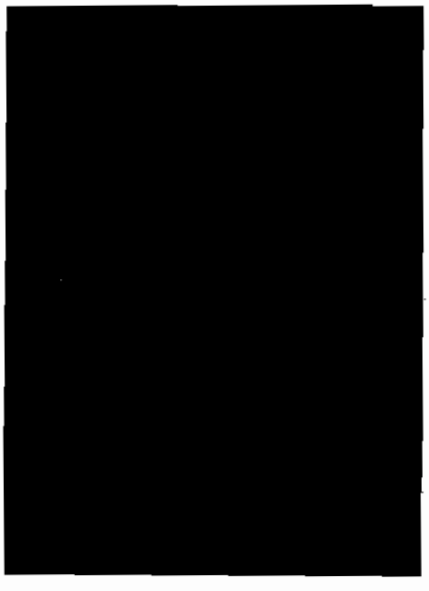
1- Padre Arroyo



شکل ۱۴-۲۱ کاج برگ‌پلند جنوب که در حال گرفتن رزین از آن می‌باشند. قسمتی از پوست بریده شده و وسیلهٔ جمع‌آوری رزین به‌صورت تجاری به‌آن وصل شده است.

کاج بزرگ (*Agathis*) زلاند نو که در خانواده متفاوتی از کاجهای حقیقی قرار دارد منبع یک رزین مخلوطی است بنام دامار[1] که در برّاق کننده های بی رنگ با کیفیّت بالا استفاده می شود. داما ر رزینی است که در ساختن مشمّع کف اتاقها مورد استفاده قرار می گرفت. مادّهٔ دیگری بنام کهربا از فسیلها و گیاهان امروزهٔ جنگلهای کاج کائوری فسیل و امروزی به دست می آید. کهربا به صورت مادّه ای شفّاف بارنگ زرد نارنجی می باشد. بعضی توده های به دست آمده، تا وزن ۴۵ کیلوگرم می رسند. این مادّه در اوایل قرن بیستم به حدّاکثر خود رسید لیکن اکنون در حال از بین رفتن است. حشرات قبل از تاریخ به حالت زندهٔ خود و از میلیونها سال قبل در کهربا حفظ شده اند (شکل ۱۵-۲۱).

فرآورده های دیگر حاصل از رزین در تولید منتول[2] برای سیگارت (منتول همچنین از گیاهان خانوادهٔ نعناع به دست می آید)، واکسهای کف، جوهر چاپ، روکشهای کاغذ، برّاق کننده ها و عطرها به کار می روند.

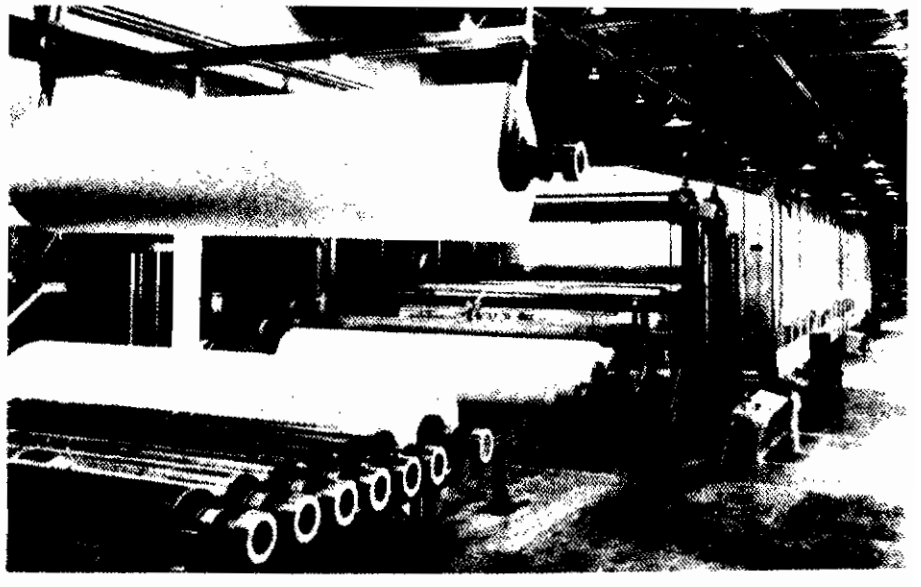


شکل ۱۵-۲۱ یك عنکبوت قبل از تاریخ که در کهربا در جمهوری دومنیکن یافت شده است. تخمین زده شده که کهربا بین ۲۰ تا ۳۰ میلیون سال قدمت دارد.

1- Dammer

2- Menthol

منبع اصلی خمیر چوب برای روزنامه (شکل ۱۶-۲۱) و کاغذهای دیگر در آمریکای شمالی صنوبر سفید (*Picea glauca*) می باشد. هر روز مقادیر بسیار زیادی از این مواد مصرف می شود. برای مثال یک شمارهٔ وسط هفتهٔ یکی از روزنامه های بزرگ شهری ممکن است تمام رشد سالانهٔ ۵۰ هکتار از این درختان را مصرف کند، و این مقدار برای شماره های آخر هفته ممکن است دوبرابر شود. یک شرکت انتشاراتی بزرگ آمریکایی برای جستجوی راهی جهت کاهش مصرف کاغذ در ایالات متّحدهٔ آمریکا سعی کرد ۲/۵ سانتیمتر از عرض تمام لوله های کاغذ توالت که در دستشوییهای ساختمان به کار می رفت کم کند. آنها متوجّه شدند که کارمندان هنوز مانند گذشته، از تعداد مشابهی لوله کاغذ استفاده می کنند. از این آزمایش، محاسبه شد که اگر از تمام لوله های کاغذ توالت به اندازهٔ ۲/۵ سانتیمتر کم شود در ایالات متّحده به تنهایی سالانه یک میلیون درخت صرفه جویی می شود.



شکل ۱۶-۲۱ یك كارخانهٔ مدرن چاپ

ریشهٔ صنوبر سفید کاملاً قابل انعطاف می باشد و به وسیلهٔ بومیان آمریکایی برای تهیّهٔ قایق و ساختن سبد استفاده می شده. آبجوی صنوبر حاصل از شاخه ها و برگهای جوان همراه

یک منبع قندی نظیر عسل یا ملاس به عنوان دارویی برای اسکوربوت استفاده می شد. رزین صنوبرهای سفید، قرمز، و سیاه به عنوان نوعی آدامس به وسیلهٔ بومیان آمریکایی مصرف می شد. گاهی به وسیلهٔ قرار دادن آن در آب سرد سخت می شد. اروپاییها که آن را آزمایش کرده اند گزارش داده اند که خمیر آن بایستی درست به عمل بیاید هنگامی که کاملاً نرم است شبیه آب نبات نرمی عمل می کند و هنگامی که خیلی سخت است تلخ می شود.

تراکییدهای صنوبر در دیواره های درونی دارای صخامتهای حلقوی هستند. این آرایش حلقوی در هدایت امواج صوتی در آنها مؤثّر است بطوری که آنها را در ساختن آلات موسیقی (شکل ۱۷-۲۱) مورد استفاده قرار می دهند. صنوبر سیتکا (*Picea sitchensis*) در سواحل شمال غربی اقیانوس آرام چوب قابل ارتجاعی تولید می کند که برای بدنهٔ هواپیماهای سبک مناسب است.

شکل ۱۷-۲۱ یك ویولون که چوب آن از اسپروس قرمز (Picea) ساخته شده است.

درختان لارچ (*Larix*) به همراه متاسکویا (*Metasequoia*) و تاکزودیوم (*Taxodium*) بین تمام مخروط داران همیشه سبز، استثنا هستند و همچنین سخت ترین چوبها را بین تمام مخروط داران دارا می باشند. تیرهای ساخته شده از این درختان تا بیش از ۲۰ سال دوام دارند. در جنوب و جنوب غربی آمریکا از تیرهای چوب سرو کوهی و تاکزودیوم استفاده می شود که بین ۴۰ تا ۵۰ سال دوام دارند. لارچ غربی (*Larix occidentalis*) برای تولید پودر نانوایی و لارچ اروپایی (*Larix decidua*) برای تولید نوعی تربانتین مورد استفاده قرار می گیرند.

در حدود ۴۰ گونه صنوبر حقیقی وجود دارد که بطور وسیعی در ساختمانها، صنایع پلاستیک و کاغذ سازی و به عنوان درخت کریسمس و تزیینات مورد استفاده قرار می گیرند. صنوبر بالزام (*Abies balsamea*) در سطح پوست ایجاد تاولهایی از رزین شفّاف می کند. این رزین به عنوان بالزام کانادا شناخته شده است، در گذشته برای چسبانیدن عدسیها و امروزه جهت چسبانیدن دایمی مقاطع میکروسکپی مورد استفاده قرار می گیرد. این مادّه دارای خواص دارویی نیز هست و به وسیلهٔ مهاجرین ایالت نیوانگلند به عنوان داروی گلودرد استفاده می شد.

صنوبر داگلاس (*Pseudotsuga menziesii*) که در کوهستانهای غربی ایالات متّحده می روید یک صنوبر حقیقی نیست. آنها در شمال غرب اقیانوس آرام به صورت درختان تنومندی رشد می کنند که از نظر اندازه بعد از چوب قرمز رتبه دوم را دارا می باشند. این درخت امروزه در دنیا به عنوان مطلوبترین درخت الوار شناخته شده است. این درختان رشد سریع و انشعاب کم داشته و نسبت به مخروط داران دیگر بدون گره هستند و در تخته های چند لایی مورد استفاده قرار می گیرد و همچنین منبع اصلی ستونهای بزرگ و بلند است. یک موم مفید نیز از پوست درختان داگلاس استخراج می شود. بهره برداری از این درختان تقریباً باعث نابودی درختان کهن سال شده است، ولی تعداد زیادی از درختان جدید در جنگلهای حفاظت شده کشت گردیده است.

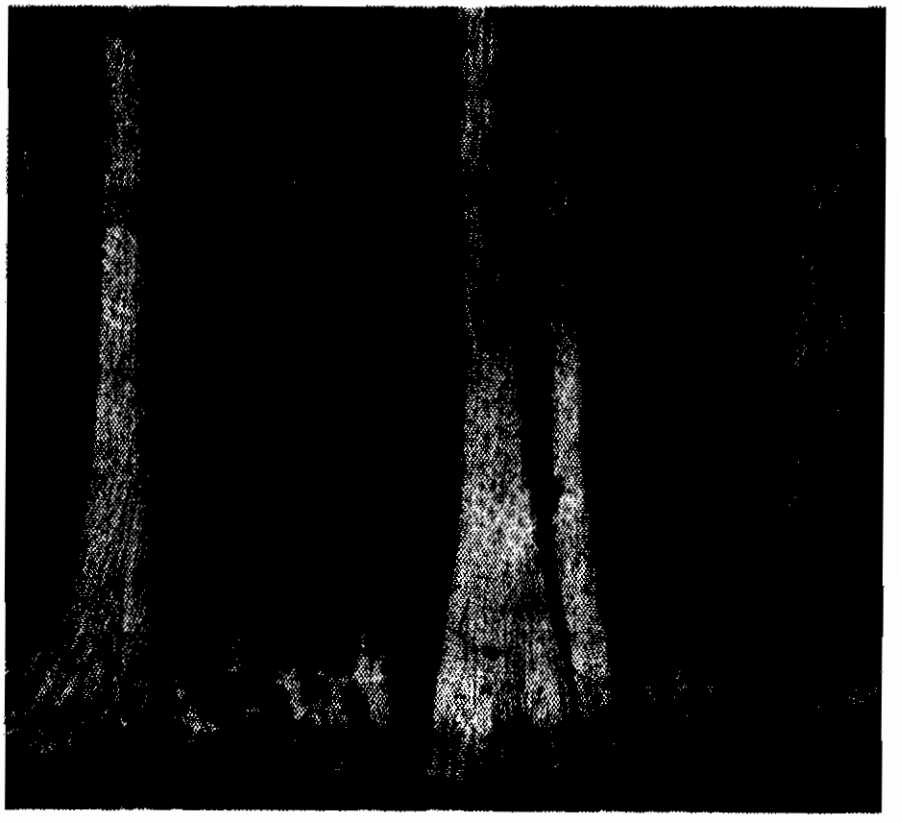
چوبهای قرمز جنگلهای ساحلی به خاطر چوبشان که محتوی موادّ جلوگیری کننده از رشد قارچها و باکتریهاست، مورد توجّه می باشند. این چوب دارای وزن کم ولی محکم و در عین حال چوب نرم و مرغوب محسوب می شود، لیکن بسادگی شکاف بر می دارد. چوب قرمز ساحلی در بعضی از ساختمانها و برای ساختن مبلمان، تیرهای تلفن، نیمکت، گلخانه ها و اهداف دیگر، مورد استفاده قرار می گیرد. کارخانه های مشروب سازی در کالیفرنیا چوب این درختان را برای ساختن بشکه های مشروب مورد استفاده

قرار می دهند. چوب قرمز درخت عظیم الجثّهٔ سکویا دندرون (*Sequoiadendron giganteum*) به قدری بزرگ و عظیم است از اوّلین نمونه ای که بریده شد دو خطّ بولینگ ساخته شد. این درختان را دیگر برای استفاده الوار نمی برند بلکه به عنوان منظرهٔ دیدنی کالیفرنیا برای توریستها حفظ نموده اند. ولی آنها به عنوان درخت الوار در رومانی و یوگسلاوی [سابق] کشت می شوند.

چوب درخت تاکزودیوم (*Taxodium distichum*) که در مردابهای جنوب آمریکا یافت می شود مشابه چوب درخت قرمز در مقابل پوسیدگی مقاومت زیادی دارد. این چوب در گذشته برای ساختن راه‌آهن، تخت روان، ساختمانهای عمومی، فاضلابها، شیروانیها و غیره استفاده می شده است. این درختان به واسطهٔ ایجاد زانو معروف هستند. زانوها، مخروطی و نوک تیز بوده از ریشه ها تولید و از آب خارج می شوند (شکل ۱۸-۲۱)، زمانی عقیده براین بود که زانوها برای رساندن اکسیژن به ریشه ها ایجاد می گردند، ولی اکنون این موضوع مورد تردید می باشد. زانوها برای ساختن اشیای زینتی و پایه های چراغ خواب مناسب هستند. از برگهای این گیاهان یک رنگ قرمز استخراج می شود.

از پوست هملاك (*Tsuga canadensis*) که منبعی جهت استخراج تانن برای چرم کفش می باشد می توان رنگ قرمز تیره نیز استخراج کرد. چوب این درختان کوچک ایجاد گرههای فوق‌العاده سختی را می کنند که می توانند تیغهٔ تبر را ببرند. اگر در آتش انداخته شوند ایجاد جرقّه می کنند. بومیان آمریکایی پوست درونی این درختان را آرد کرده و جهت مداوای بریدگی و زخم استفاده می کردند. سرخ پوستان کلمبیای بریتانیا، کامبیوم و آبکش درختان هملاك کوهی (*T. mertensiana*) و هملاك غربی (*T. heterophylla*) را به منظور غذایی خارج می کردند و با این عمل خود، درختان را از بین می بردند.

سرو خمره ای (Thuja occidentalis) که درخت سرو سفیدشرقی نیز نامیده می شود یک درخت زینتی زیبا در نواحی معتدله به شمار می آید. چوب آن قابل انعطاف است و چندین قبیلهٔ بومی آمریکا از آن برای ساختن قایقهای خود استفاده می کردند. سرو سفید جنوبی (*Chamaecyparis thyoides*) اوّلین درختی بود که در آمریکای شمالی برای ساختن اُرگ مورد استفاده قرار گرفت. طیّ جنگ جهانی دوم کنده های مسنّ این درخت که در مرداب نیوجرسی پیدا شد فرآیند شد و برای ساخت زورقهای اژدر افکن گشتی مورد استفاده واقع شد.



شکل ۱۸-۲۱ یك تاکزودیوم (Taxodium distichum) درختی که در باتلاقهای جنوب می‌روید. به «زانوها» که از سطح بالا آمده‌اند توجّه نمایید.

آریل قرمز رنگ اطراف دانهٔ سرخدار شیرین و خوراکی است، ولی خود دانه ها و دیگر بخشهای گیاه شدیداً سمّی هستند. چوب آن که سخت و قابل ارتجاع است برای تهیّه کمان مناسب می باشد. از چوب سرخدار انگلیسی می توان کمانهای بلندی ساخت. همین امر باعث تغییر تاریخ در سال ۱۴۱۵ میلادی شد و به قرون وسطی و جنگ اگین کورت[1] پایان داد. در این جنگ برتری کمانهای انگلیسی روی سواره نظام زره پوش به اثبات رسید. از ریشهٔ

1- Agincourt

سرخدار یک رنگ قرمز و یا ارغوانی می توان به دست آورد. پودوکارپ (Podocarp) که دو گونهٔ آنها در زلاند نو درختان الوار پر ارزشی را تشکیل می دهند دارای دانه های خوراکی می باشند.

در سال ۱۹۸۹ پژوهشگران مرکز سرطان شناسی جان هاپکیز گزارش کردند که ۱۲ زن دارای سرطان پیشرفتهٔ تخمدان که به مداوای مرسوم پاسخ نداده بودند (در بعضی موارد حتّی جرّاحی) به وسیلهٔ مادّه ای بنام تاکزول[1] تا ۵۰ درصد یا بیشتر اندازهٔ تومر آنها کاهش یافت و تومر یک زن بعد از درمان با تاگزول کاملاً ناپدید شد. تاگزول یک داروی مستخرجه از پوست درخت سرخدار سواحل اقیانوس آرام است. اندازهٔ این درخت سرخدار کوچک بوده و به صورت انبوه وجود ندارد. این درختها رشد کندی دارند بطوری که بیش از ۷۰ سال طول می کشد تا اندازهٔ نهایی خود را پیدا کنند و برداشتن پوست آنها باعث از بین رفتنشان می شود. برخلاف مشکلات استفاده از این دارو، دانشمندان در مورد مؤثّر بودن این دارو در مبارزه علیه سرطان تخمدان احساس امیدواری می کنند.

چوب سرو خوشبو (*Calocedrus decurrens*) در ایجاد کرکرهٔ پنجره و مداد استفاده می شود. از چوب سرو قرمز (*Juniperus virginiana*) نیز مداد به دست می آید و علاوه بر آن در ساختن صندوقهای مخصوص و آستر چوبی گنجه ها، حصارها و جعبه سیگار استفاده می شود. این چوب زمانی در آلمان برای دود دادن ژامبون مورد استفاده قرار می گرفت. یک روغن معطّر مورد استفاده در ترکیبات پاك کنندهٔ کف اتاق از چوب سرو قرمز استخراج می شود، سته های (میوه) این درخت و سروهای کوهی نزدیک به آن توسّط پرندگان خورده می شوند. چندین قبیله از بومیان آمریکایی از میوه های سته ای و پوست درونی درخت به عنوان غذا طیّ زمستانهای سخت استفاده می کنند. از بعضی از سته های خشک بوداده، مشروب درست می کردند. سرو قرمز غربی (*Thuja plicata*) برای بومیان شمال غربی آمریکا، مهمترین گیاه جهت ساخت مسکن، لباس، تور، قایق، چوب توتم دارو و غیره به شمار می آید. سته های سرو کوتوله (*Juniperus communis*) جهت معطّر کردن مشروبات مورد استفاده قرار می گیرد. بعضی شواهد نشان می دهد که کلمهٔ جین (یک نوع مشروب) از ژنیور[2] که واژهٔ فرانسوی برای ستهٔ سرو کوهی می باشد گرفته شده است.

1- Taxol

2- Genievre

بازدانگان دیگر

نشاستهٔ زامیای فلوریدایی (*Zamia floridana*) سابقاً از پوست و مغز این سیکاد که در شمالیترین ناحیهٔ فلوریدا می روید به دست می آمد. ولی قبل از آن که به وسیلهٔ انسان مصرف شود باید یک مادّهٔ سمّی از آن خارج می شد. از آنجایی که سیکادها رشد بسیار کندی را جهت آماده سازی مفید نشاسته دارند این عمل کنار گذاشته شده است. امروزه سیکادها خارج از ریستگاههای طبیعی به منظور اهداف زینتی و آموزشی پرورش داده می شوند. در لوییزیانا[1] و نقاط دیگر برگهای بزرگ مرکّب سیکادها در مراسم خاصّ مذهبی یکشنبه[2] مورد استفاده قرار می گیرند. بعضی گونه های آنها که در طبیعت در حال انقراض هستند ممکن است بزودی در آینده تنها در باغهای گیاه شناسی مشاهده شوند.

علی رغم بوی نامطبوع پوشش گوشتی دانه های گینکو مادّهٔ نشاسته ای که در دانه ها ذخیره می شود خوراکی است. این مادّه در شرق بطور وسیعی به صورت جوشانده یا سرخ شده مصرف غذایی دارد و به فروشگاههای غذاهای چینی شهرهای بزرگ آمریکا به صورت کنسرو صادر می شود. نشان داده شده است که عصارهٔ گیاهان گینکو جریان خون را بهبود می بخشد. در سال ۱۹۹۰ بیش از ۲۰ میلیون اروپایی برای مبارزه با پیری به صورت خیلی منظمی از عصارهٔ گینکو استفاده می کردند.

در جنوب غربی ایالات متّحدهٔ آمریکا افدرا به وسیلهٔ چهار پایان مصرف می شود، و برگها و ساقه های آنها هنوز به صورت «چای مورمن»[3] مورد استفاده قرار می گیرد. برای جبران تلخی اندك آن، یک قاشق چای خوری شکر، عسل، یا مربّا، به هر فنجان چای افزوده می شود. بومیان آمریکا و مهاجران اوّلیهٔ آمریکایی یک فرم غلیظ شده ای از چای را جهت مداوای بیماریهای کلیوی مصرف می کردند. آنها همچنین دانه های افدرا را آرد کرده و از آن، نان تلخی تهیّه می کردند. داروی افدرین که در درمان آسم و مشکلات تنفّسی مورد استفاده قرار می گیرد از یک گونهٔ چینی افدرا استخراج می شد ولی اکنون بیشتر سنتز می شود. چینیها از بیش از ۴۷۰۰ سال پیش، از افدرین استفادهٔ دارویی می کرده اند.

در جاوه یک گونهٔ گنتوم کشت شده و از ساقهٔ آن که در شیر نارگیل پخته می شود استفادهٔ غذایی می کنند. از الیاف پوست ساقهٔ گنتوم، طناب و ریسمان به دست می آید.

1- Louisiana (نام ایالتی است در آمریکا)
2- Palm Sunday
3- Mormon tea

خلاصه

۱. بازدانگان عموماً دارای دانه های برهنه بوده و دانه ها روی اسپوروفیلها اطراف محوری آرایش یافته و بدین طریق تشکیل یک استروبیلوس یا مخروط را می دهند. مخروطهای ماده (مخروط دانه) و مخروطهای کوچکتر نر (مخروط گرده) روی اسپوروفیتها تولید می شوند.

۲. درون هر تخمک یک گامتوفیت ماده به همراه یک نوسل که به وسیلهٔ اینتگومنت احاطه شده است ایجاد می شود. این اینتگومنت بعد از لقاح پوست دانه را تشکیل می دهد و گامتوفیت ماده، جنین در حال رشد را تغذیه می نماید.

۳. در بازدانگان موجود، ۴ شاخه شناخته شده است : مخروط داران (شاخهٔ کونیفروفیتا)، سیکادها (شاخهٔ سیکادوفیتا)، گینکوها (شاخهٔ گینکوفیتا)، و گنتومها (شاخهٔ گنتوفیتا).

۴. بیشترین تعداد مخروط داران را کاجها تشکیل می دهند. آنها دارای برگهای سوزنی هستند که به صورت دستجات ۲ تا ۵ تایی قرار گرفته اند. برگها برای این که شرایط سخت محیطی را تحمّل کنند دچار تغییراتی شده اند. تغییرات شامل ضخیم شدن دیوارهٔ سلّولهای هیپودرم، کوتیکول ضخیم، روزنه های فرو رفته، و کانالهای رزین، می باشند.

۵. کانالهای رزین که در سراسر گیاه حضور دارند، لوله هایی هستند که به صورت سلّولهای مخصوصی ردیف شده و ترشّح رزین (یک مادّهٔ معطر که مانع رشد قارچها و حشرات و آفات می شود) می کنند.

۶. آوندهای چوبی کاج، بدون عناصر آوندی وسل و فیبر می باشند؛ لذا نسبةً نرم هستند. آبکش فاقد سلّولهایی همراه، ولی دارای سلّولهای آلبومینی می باشند که ظاهراً عمل مشابه سلّولهای همراه را دارند. ریشه های کاجها همیشه دارای قارچهای میکوریز هستند که لازمهٔ رشد طبیعی گیاه می باشند.

۷. کاجها دو نوع هاگ تولید می کنند. میکروسپورها در مخروطهای نر غشایی و در نوك شاخه های پایینتر و به صورت خوشه های مرکّب ایجاد می شوند. میکروسپورها که محصول سلّولهای مادر اسپور هستند در میکرسپورانژها و به شکل جفت در پایین فلسهای مخروط نر قرار دارند. میکروسپورها که در نتیجهٔ تقسیم میوز از سلّولهای مادر میکروسپور به وجود آمده اند دانه های گردهٔ چهار سلّولی فراوانی را تولید می کنند.

۸. مگاسپورها، درون تخمکهای موجود در قاعدهٔ فلسهای مخروط ماده تشکیل می شوند. اینتگومنت تخمک منفذی بنام سفت دارد. یک سلّول مادر اسپور درون بافت خورش وارد تقسیم میوز شده و تولید مگاسپورها را می کند. یک مگاسپور به یک گامتوفیت ماده مبدّل می شود و بقیّهٔ مگاسپورها تحلیل می روند. گامتوفیت مادهٔ بالغ حاوی آرکگنهاست.

۹. در طیّ بهار قبل از بلوغ آرکگلنها، دانه های گرده بین فلسهای مخروطهای ماده قرار گرفته و به وسیلهٔ مایع چسبناکی که از سفت به بیرون تراوش شده است به داخل سُفت کشیده می شوند. هردانهٔ گرده، تولید یک لولهٔ گرده را می کند که مسیر خود را به داخل تا مجاورت آرکگنهای بالغ باز کرده و ۲ سلّول از ۴ سلّول اوّلیهٔ دانهٔ گرده هنگام رشد لولهٔ گرده به داخل آن منتقل می شوند. یکی از دو سلّول (سلّول زایشی) تقسیم شده و ایجاد یک سلّول نازا و یک سلّول اسپرم زا را می کند. سلّول اسپرم زا، خود مجدّداً تقسیم شده و دو اسپرم ایجاد می کند.

۱۰. لولهٔ گرده حدود ۱۵ ماه پس از گرده افشانی، به آرکگن می رسید، یک اسپرم با تخم زا ترکیب شده و تخم تشکیل می شود. تخم درون دانه که دارای یک بال غشایی حاصل از لایهٔ فلس است به جنین تبدیل می شود.

۱۱. بعضی مخروط داران، مخروطهای گوشتی و سته مانند تولید می کنند؛ منشأ تکاملی مخروط داران مشخّص نیست.

۱۲. سیکادها در ظاهر شبیه درختان نخل می باشند، شامل تنهٔ بدون انشعاب و تاجی از برگهای شانه ای بزرگ هستند. سیکادها دارای مخروط بوده و چرخهٔ زندگی آنها مشابه مخروط داران است. لیکن اسپرمهای سیکادها برخلاف اسپرمهای کاج، تاژکهای فراوانی دارند.

۱۳. گنیکوها دارای برگهای بادبزنی کوچک بارگ بندی دو انشعابی (دیکاتومی) هستند. چرخهٔ زندگی گنیکو نیز شبیه سیکادهاست. دانهٔ آنها که به وسیلهٔ پوشش گوشتی احاطه شده است هنگام بلوغ بوی تند و نامطبوعی دارد.

۱۴. گنتومها دارای اشکال متفاوتی هستند ولی همگی در آوندهای چوب خود وسل دارند. نیمی از گونه های گنتومها در جنس افدرا قرار دارند که ساقه های بند بند داشته و برگهای آنها به فلس کاهش یافته است. گونه های گنتوم دارای برگهای پهن بوده و در نواحی گرمسیری بالا رونده می باشند. ولویشیا تنها یک گونه دارد و محدود به جنوب غربی صحرای

آفریقا می شود. ساقه های آن به شکل یک فنجان کم عمق است که برگهای تسمه ای آن از لبه های فنجان خارج می شوند. مریستم واقع در قاعدهٔ برگها به طول برگها می افزاید.

۱۵. دانه و پوست درونی کاج، خوراکی بوده و از برگها نوعی چای تهیّه می شود. ساقه های کاج سفید شرقی برای استفاده در ساخت دکل کشتیهای بادبانی بسیار مناسب بوده و همچنین بطور وسیعی برای ساختن صندوق، مبلمان، کف پوش، چهار چوب و چوب کبریت، استفاده می شود. امروز منبع چنین تخته هایی کاج سفید غربی می باشد.

۱۶. رزین کاج منشأ تربانتین و روزین می باشد. تربانتین به عنوان یک حلاّل مصرف دارد و موسیقی دانان و بازی کنان بیسبال از رزین استفاده می کنند. دامار حاصل از کاج کوری در برّاق کننده های بی رنگ استفاده می شود. کهربا یک رزین کوری فسیل شده می باشد. رزین همچنین در واکس کف اتاق، جوهر چاپ، روکش کاغذ، عطر و در تولید منتول مورد استفاده قرار می گیرد.

۱۷. صنوبر سفید، منبع اصلی خمیر چوب برای روزنامه می باشد. در گذشته برای سبدبافی و ساخت قایقها توسّط بومیان آمریکایی استفاده می شده و به همراه ملاس یا عسل برای درمان اسکوربت همچنین در تهیهٔ آبجو مورد استفاده داشت. از رزین صنوبر یک نوع آدامس تهیه می شد. چوب آن برای ساخت آلات موسیقی و ساخت هواپیما به کار می رفت.

۱۸. لارچ و چوب سرو کوهی برای تهیّهٔ تیرهای تلفن استفاده می شود. صنوبرها در ساختمانها، در تهیّه کاغذ و دکوراسیون و درخت کریسمس به کار می روند. دوگلاس فر (*Pseudotsuga menziesii*) احتمالاً در حال حاضر مهمترین درخت الوار دنیا به شمار می آید.

۱۹. درخت چوب قرمز ساحلی نیز از جهت تولید چوب پر ارزش می باشد و نسبت به قارچها و حشرات مقاومند. چوب بالدسیپروس (*Taxodium distichum*) که در گذشته برای ساخت تخت روان و پوشش شیروانی مورد استفاده بود در مقابل پوسیدگی مقاوم است.

۲۰. از هملاك شرقی، رنگ و تانن به دست می آید. بومیان آمریکایی بخشهایی از این گیاهان را برای مرهم و غذا مورد استفاده قرار می دادند.

۲۱. چوب انعطاف پذیرسرو سفید شرقی برای ساختن قایق استفاده می شد و چوب سرو اطلس در ساخت لوله ها و ساخت ارگ به کار می رفت. چوب سرخدار در ساخت کمان استفاده می شود و عصاره ای از آن در درمان سرطان تخمدان انسان مؤثّر است.

۲۲. درختان پودوکارپ زنلاند نو دارای دانه های خوراکی هستند. چوب سرو معطر در ساختن تابوت ، جعبهٔ سیگار، مداد، حصار، و تیر تلفن، به کار می رود. سته های سرو کوهی در معطّر نمودن مشروبات استفاده شده و توسّط بومیان آمریکا به مصرف غذا و تهیّهٔ یک نوع مشروب می رسید.

۲۳. نشاستهٔ زامیای فلوریدایی سابقاً از یک نوع سیکاد به دست می آمد. دانه های گینگو خوراکی است و عصاره های گیاه گینگو جریان خون را بهبود می بخشد. چای مورمن از برگها و ساقه های افدرا تهیّه می شود که در گذشته منشأ تهیه داروی افدرین و نیز مداوای بیماریهای مقاربتی بود. یک گونهٔ گنتوم در جاوه به منظور استفادهٔ غذایی کشت می شود.

پرسشهای یادآوری

۱. بازدانه چیست و چگونه از انواع دیگر موجودات زنده قابل تشخیص می باشد؟

۲. تفاوت بین یک هاگ و یک دانه چیست ؟

۳. چگونه می توان برگ کاجها را از برگ گیاهان برگ پهن گلدار تشخیص داد؟

۴. کانال رزین چیست و عمل آن چگونه است ؟ در کجا کانالهای رزین دیده می شوند؟

۵. کاجها از نظر تولید مثل چگونه از پنجه گرگیان (کاجهای زمینی) و سرخسها متمایز می شوند؟

۶. دانهٔ گرده، چگونه از هاگ و اسپرم متفاوت است ؟

۷. کدام مخروط دار توضیح داده شده در این فصل، مخروطهای مادّهٔ چوبی ندارد؟

۸. اگر شما نمونه هایی از برگهای کاج، سیکاد، گینگو، افدرا، ولویشیا را در دسترس داشته باشید چگونه می توانید با استفاده از یک کلید آنها را از هم متمایز نمایید؟

۹. کدام بخشهای کاج، خوراکی است؟

۱۰. رزین چیست؟ چند کاربرد آن را در گذشته و حال توضیح دهید.

پرسشهای تشریحی

۱. گینگوها و سیکادها برگهای پهن دارند، در حالی که کاجها برگهای سوزنی دارند. آیا می توانید بگویید که این موضوع چه ارتباطی با آب و هوا و زیستگاه آنها دارد؟

۲. اگر هیچ اختلافی در سطح سلسله بین گیاهان و جانوران نبود چه چیزی در انسان معادل اسپوروفیت و گامتوفیت بود؟

۳. هر دو درختان پنیوس (*Pinus longaeva*) و سیکویا (*Sequoia sempervirens*) هزاران سال قادر به ادامهٔ حیات هستند. شما فکر می کنید چه چیزی این امر را ممکن می سازد ؟

۴. بیشتر جنگلهای قدیمی مخروط داران آمریکای شمالی از بین رفته اند و بقیّه نیز در حال نابودی می باشند. بسیاری از گیاهان که بریده شده اند به وسیلهٔ گیاهان جدید و گاه به وسیلهٔ هیبریدهای غیر بومی جایگزین شده اند. جنگلهای ما بطوری که می دانیم در اقتصاد مملکت ما بسیار اهمیّت دارند. اگر شما قدرت این را داشتید که مدیریتی را که ما در خصوص منابع طبیعی داریم تغییر می دادید، چه راهی را پیش می گرفتید با توجّه به این که مایل نبودید به اقتصاد ما زیان وارد شود؟

۵. اگر پول مسأله ای نبود و شما قصد داشتید زمین (حیات) خانه تان را با بازدانگان زیباسازی نمایید، با توجّه به آب و هوای منطقه، شما واقعاً چه می کردید یعنی چه درختانی انتخاب می نمودید؟ چرا؟

منابع اضافی

Beck, C. B. 1988. *Origin and evolution of gymnosperms*. New York: Columbia University Press.

Bever, D. N. 1981. *Northwest conifers: a photographic key*. Portland, OR: Binford and Mort Publishing.

Bold, H. C., C. S. Alexopoulos, and T. Delevoryas. 1987. *Morphology of plants and fungi,* 5th ed. New York: Harper and Row, Publishers, Inc.

Krussman, G. 1985. *Manual of cultivated conifers*. Portland, OR: Timber Press.

Mirov, N. T., and J. Hasbrouck. 1976. *The story of pines*. Bloomington: Indiana University Press.

Ouden, P., and B. K. Boom. 1982. *Manual of cultivated conifers*. Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers.

Singh, H. 1978. *Embryology of gymnosperms* (*Encyclopedia of plant anatomy*: Vol X, No. 2).

Forestburgh, NY: Lubrecht and Cramer.
Sporne, K. R. 1967. *Morphology of gymnosperms. The structure and evolution of primitive seed plants.* Atlantic Highlands, NJ: Humanities Press, Inc.
Weiner, M. A. 1984. *The people's herbal: a complete family guide for all ages to safe home remedies.* New York: Putnam Publishing Group.

فصل بیستم و دوم ـ گیاهان گلدار

رؤوس مطالب

برخی اهداف فراگیری

نظر اجمالی

مقدّمه

شاخهٔ آنتوفیتا ـ گیاهان گلدار

رشد گامتوفیت

گرده افشانی

لقاح و رشد دانه

اپومیکسی و بکرزایی

روند تخصصی شدن و طبقه بندی گیاهان گلدار

اکولوژی گرده افشانی

هرباریومها و نگاهداری گیاهان

روشها

یک تذکّر به جمع کنندگان گیاه

خلاصه

پرسشهای یادآوری

پرسشهای تشریحی

منابع اضافی

گل صورتی و زرد لوپن (Lupinus stiversii) نوادا (ایالتی است در آمریکای‌شمالی).

فصل بیست و دوم

گیاهان گلدار

برخی اهداف فراگیری

۱- درك تفاوتهای اساسی بین نهان دانگان و بازدانگان

۲- بررسی تفاوت بین دوخط فکری منشأ گیاهان گلدار و طبیعت اوّلین گلها

۳- دیاگرام چرخهٔ زندگی یک گیاه گلدار با توجّه به انتقال سلّولهای هاپلوییدی به دیپلوییدی و بالعکس

۴- مقایسهٔ تشکیل و رشد دونوع کیسهٔ جنینی، و فراگیری چگونگی تکامل گامتوفیت نر

۵- شناخت ویژگیهای گلها در رابطه با انواع ویژه ای از گرده افشانها

۶- شناخت روند پیشرفت رشته های تخصصی در گیاهان گلدار

۷- آشنایی با کاربرد هرباریوم و شناخت تکنیکهای تهیّهٔ نمونه های هرباریومی

نظر اجمالی

این فصل با توجّه به تفاوتهای بین بازدانگان و نهان دانگان آغاز می شود و سپس منشأ فرضی گیاهان گلدار را مورد بحث قرار می دهد. پیش از آن که این فصل با توضیحی در خصوص رشد موازی گامتوفیتها در بساکها و تخمکها ادامه یابد، به تنوّع استثنایی شکل و عادت رشد گیاهان گلدار اشاره می رود. رشد گامتوفیتها منجر به عمل گرده افشانی شده.

بعد از آن بعضی جزئیات عمل لقاح و مراحل تشکیل دانه توضیح داده خواهد شد. روند اختصاصی شدن و طبقه بندی گیاهان گلدار و متعاقب آن بخشی از اکولوژی گرده افشانی مطرح خواهد شد. سپس نگاهداری گلها شامل تکنیکهای هرباریوم ساده و عملی تشریح خواهد شد. این فصل با بررسی خلاصه ای از کاربردهای هرباریوم و تذکّری برای کلکسیونرها در ارتباط با نابودی فلورهای بومی به پایان می رسد.

مقدّمه

کاشفان در قلل دوردست آندز در بولیوی گاهی مناظر شگفت آوری را مشاهده می کنند که به ندرت در صد سال گذشته به وسیلهٔ کس دیگری دیده شده باشد. یک گونه گیاه گلدار نادر پویا (*Puya*) درحال گل دادن (شکل ۱-۲۲). البتّه تعداد زیادی گیاه کمیاب وجود دارد ولی آنچه که این گیاه خانوادهٔ آناناس را خیلی غیر عادی و استثنایی جلوه می دهد حالت و عظمت گل دهی آن است. این گیاه پویای خاص دارای مجموعهٔ بزرگی از برگهای بزرگ قاعده ای است با خارهایی در حاشیهٔ آنها تا حدّی شبیه گیاه آگاو. این گیاهان تا ۱۵۰ سال به کندی رشد می کنند و تولید برگ نموده و غذا ذخیره می نمایند ولی تا سال آخر عمر طولانی خود، گل نمی دهد. سپس در طیّ ماههای آخر تغییرات عجیب و ناشناخته ای در آنها صورت می گیرد. در مدّت کوتاه چند هفته، پایهٔ گل بسیار بزرگی ایجاد می کند. این پایه سرانجام به ارتفاع ۱۰ تا ۱۲ متر و قطر ۲/۵ متر رشد می نماید و تولید ۸۰۰۰ گل منفرد می کند. بعد از آن که گل دهی و میوه دهی آن کامل شد، گیاه می میرد.

این گیاهان نادر پویا یک گونه از ۲۴۰۰۰۰ گونه گیاهان گلدار شناخته شده می باشند. گیاهان گلدار یکی از بزرگترین و متنوّعترین شاخهٔ سلسلهٔ گیاهان را تشکیل می دهند. گیاهان گلدار را آنژیوسپرم نامند. آنژیوسپرم از دو واژهٔ یونانی angeion به معنی آوند وسل sperma به معنی دانه گرفته شده است. آوند وسل برچه ای است که می توان آن را به برگ تشبیه کرد که لوله شده و دانه هایی در حاشیهٔ آن قرار دارند. برچه محوطه ای است که درون آن، تخمکها به دانه تبدیل شده و بخشی از تخمدان است که سرانجام به میوه تبدیل می گردد. اگرچه نهان دانگان عموماً دارای اندامها و بافتهای مشابه بازدانگان هستند امّا تخمکها و دانه های محصور شده و پوشیدهٔ آنها، صفت بارزی است که باعث تشخیص آنها از بازدانگان می شود که دارای تخمک و دانهٔ برهنهٔ می باشند.

شکل ۱-۲۲ یك گیاه پویا (Puya) نادر

تمام نهان‌دانگان در شاخهٔ آنتوفیتا[1] (به فصل ۱۵ جهت مقایسه با دیگر طبقه بندیهای گیاهان گلدار رجوع شود) قرار دارند. این شاخه به دو ردهٔ بزرگ دو لپّه ایها و تک لپّه ایها تقسیم می شود. گیاهان این دو رده براساس ویژگیهای فهرست شده در جدول ۱-۸ متمایز می شوند.

1- Anthophyda

از هنگامی که داروین، اثر خود «منشأ گونه ها» را در سال ۱۸۵۹ منتشر کرد، دو مسیر فکری در خصوص خواستگاه نهان دانگان وجود داشت. یکی به وسیلهٔ گیاه شناس آلمانی آدولف انگلر[1] و دنباله روهایش ارائه شد که بر طبق آن، گیاهان گلدار از مخروط داران نشأت گرفته و اینکه گلهای ابتدایی نظیر ساختمان مخروطهای مخروط داران هستند. چنین گلهایی نامشخّص و کوچک هستند و به صورت مجتمع، مشابه گلهای چمنها، بلوطها، بیدها و سنبله های دم گربه ای می باشند. ولی اکثر گیاه شناسان معاصر براین باورند که نهان دانگان مستقلاً از سرخسهای دانه دار (پتریدوسپرمها، فصل ۲۱) نشأت گرفته اند و یک گل در حقیقت یک ساقهٔ تغییر یافته با برگهای تغییر یافته است، و اکثر گلهای ابتدایی، یک نهنج برجسته دارند با اجزای گل که نظم مارپیچی داشته و مجزّا هستند و به کاسبرگها و گل برگها تمایز پیدا نکرده اند. علاوه براین، پرچمها و برچه ها پهن هستند. چنین گلهایی در میان خویشاوندان ماگنولیاها و آلاله ها وجود دارد. لذا فرض می شود که تمام گیاهان گلدار امروزی از پایه های ابتدایی با چنین ویژگیهای مشتق شده اند. توضیح بیشتر در خصوص صفات ابتدایی و پیشرفته در ادامهٔ این فصل داده خواهد شد.

شاخهٔ انتوفیتا ـ گیاهان گلدار

همان طور که در فصل ۸ اشاره شد گیاهان این شاخه، در اندازه، طرح، ساختار و شکل بسیار متفاوتند. به عنوان مثال، عدسکهای آبی بسیار کوچک، انواع علفها، نخلها، تعدادی از گیاهان آب زی، اپیفیتها، اکثر بوته ها و درختان و حتّی درختان عظیم الجثّهٔ اوکالیپتوس (*Eucalyptus regnans*) تاسمانیایی[2] که در مجموع از لحاظ حجم با درختان جنگل قرمز برابری می کنند همه جزو شاخهٔ آنتوفیتا می باشند. دیگر گیاهان گلدار گیاهان انگلی هستند. به عنوان مثال سس که گاهی بطور جدّی میزان محصولات را کاهش می دهد، گرداگرد میزبان خود پیچیده و توسّط مکنده هایش مانع عبور موادّ غذایی و آب در آوندهای میزبان می گردد. (شکل ۱۳-۶). همچنین گل جالیز، مانند درواش، بر روی برخی از گیاهان انگل می شود. درواش مقداری کلروفیل تولید می کند و فقط بخشی وابسته به موادّ غذایی میزبان می باشد. گیاهان دیگر نظیر گل برفی زیبا (شکل ۲-۲۲)، و بعضی ارکیده ها، ساپروفیت هستند. ولی اکثر گیاهان گلدار بطور مستقل در نتیجهٔ پدیدهٔ فتوسنتز برای خود موادّ غذایی تولید می کنند.

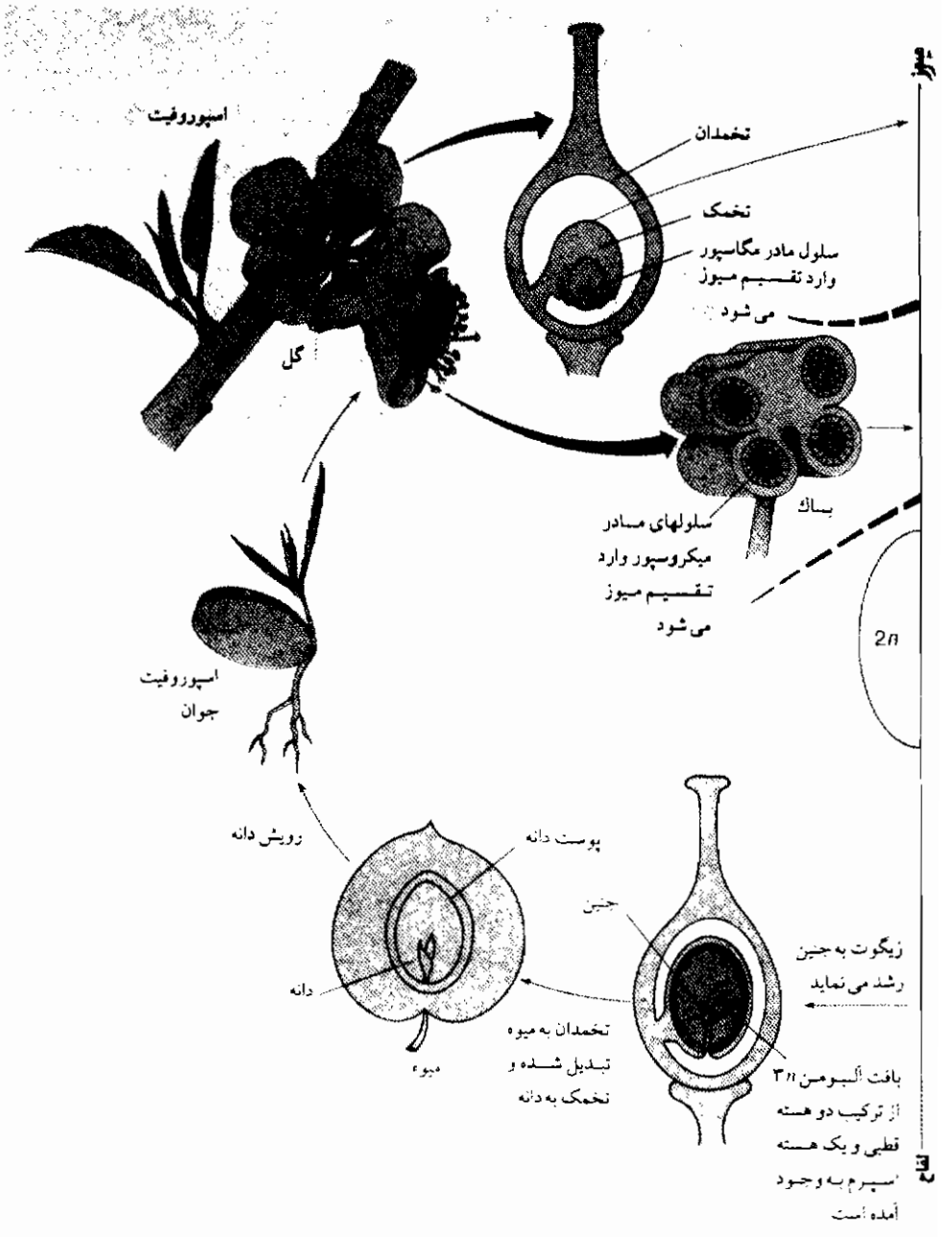
1- Adolph Engler 2- Tasmania

نهان دانگان نیز مانند بازدانگان ناجور هاگ می باشند (دو نوع هاگ تولید می کنند) و اسپوروفیت آنها غالبیّت بیشتری دارد. گامتوفیت ماده بطور کامل در میان بافتهای اسپوروفیت محصور شده و به تعدادی سلّول کاهش یافته است. گامتوفیت نر هنگام بلوغ محتوی یک دانهٔ گردهٔ در حال رویش و سه هسته می باشد.

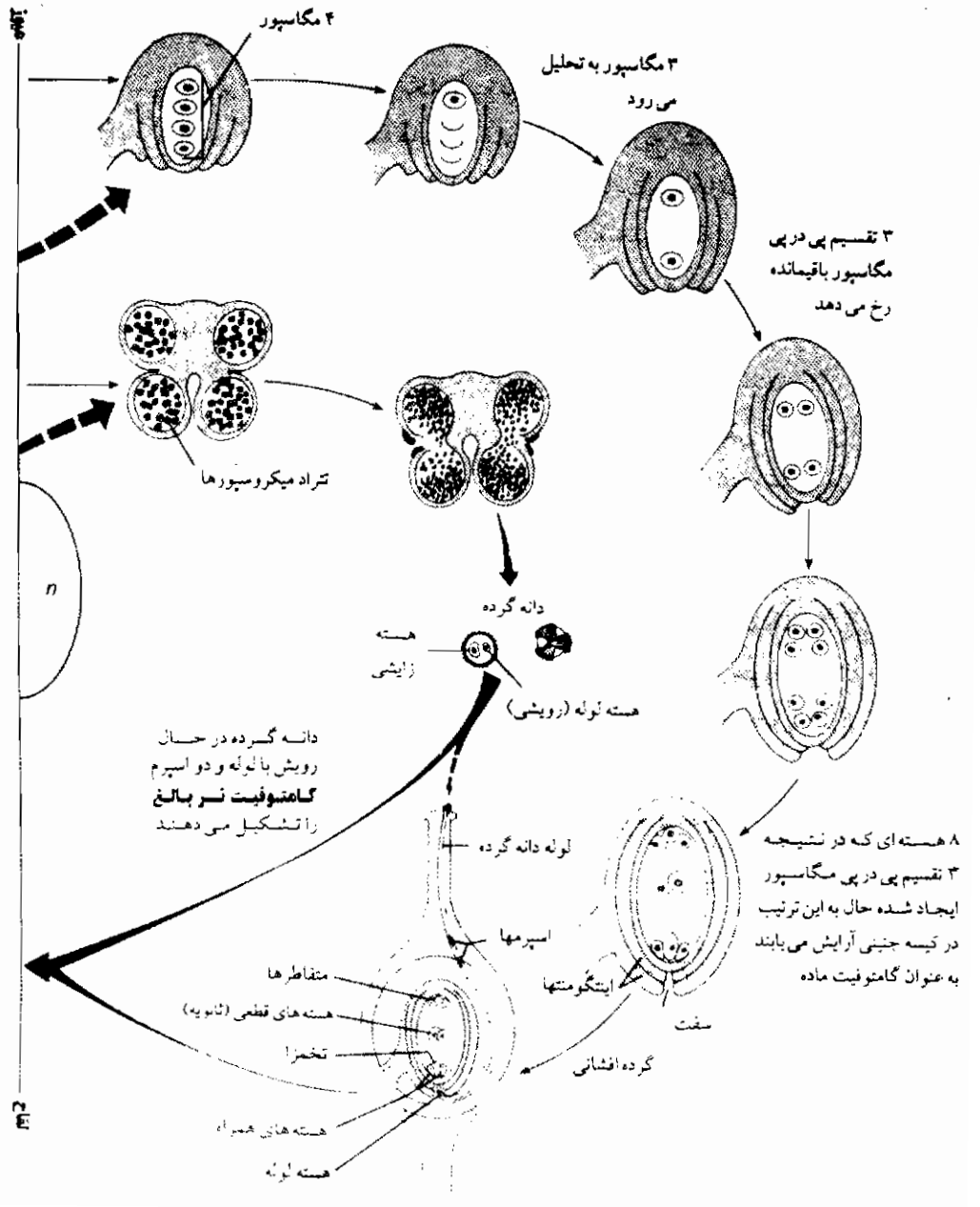
شکل ۲-۲۲ گلهای گیاه برفی

تشکیل گامتولیتها

در خلال ایجاد گل در جوانه، یک سلّول مادرمگاسپور دیپلوییدی از سایر سلّولهای تخمک تمایز حاصل می نماید (شکل ۳-۲۲). این سلّول تقسیم میوز نموده ۴ سلول هاپلوییدی مگاسپور تولید می کند. سه مگاسپور در فاصلهٔ کوتاهی به تحلیل رفته و ناپدید می شوند. امّا هستهٔ سلّول چهارم تقسیم میتوز انجام داده و سلّول بزرگتر می شود. در خلال رشد سلّول، دو هستهٔ هاپلوییدی آن یک بار دیگر تقسیم شده و ۴ هسته ایجاد می شود. هسته ها بار دیگرنیز تقسیم شده به ۸ هستهٔ هاپلوییدی تبدیل می گردند (بدون این که جداری بین آنها تشکیل شود). هنگامی که این سه تقسیم متوالی صورت گرفت سلّول به چند برابر اندازه اوّلیه اش حجیم شده، در همان زمان دو لایهٔ خارجی تخمک تمایز حاصل نموده پوسته (اینتگومنت) نامیده می شوند که بعداً جدار بیرونی دانه را تشکیل می دهند و در یک انتها بین آنها منفذ یا شکاف سفت باقی می ماند.



شکل ۳-۲۲ چرخهٔ زندگی یك گیاه گلدار


۴ مگاسپور
۳ مگاسپور به تحلیل می رود
۳ تقسیم پی در پی مگاسپور باقیمانده رخ می دهد
تتراد میکروسپورها
n
دانه گرده
هسته زایشی
هسته لوله (رویشی)
دانه گرده در حال رویش با لوله و دو اسپرم گامتوفیت نر بالغ را تشکیل می دهند
۸ هسته ای که در نتیجه ۳ تقسیم پی در پی مگاسپور ایجاد شده حال به این ترتیب در کیسه جنینی آرایش می یابند به عنوان گامتوفیت ماده
لوله دانه گرده
اسپرمها
متقاطرها
هسته های قطبی (ثانویه)
تخمزا
هسته های همراه
هسته لوله
اینتگومنتها
سفت
گرده افشانی
تخم

در این مرحله، هشت هستهٔ هاپلوییدی در دو گروه چهارتایی در دو سمت سلّول قرار دارند. حال از هر گروه یک هسته به سمت مرکز سلّول مهاجرت می کند. این دو هسته ممکن است باهم ترکیب شده تشکیل یک هستهٔ دیپلوییدی بدهد و یا این که تا زمان وقوع لقاح مجزّا باقی بمانند. در اطراف هسته ها دیواره های سلّولی بتدریج تشکیل می شود. در گروه هسته های (سلّولها) نزدیک سفت یکی از آنها به صورت گامت ماده یا تخم زا عمل می کند. دو سلّول دیگر که همراه یا قرینه ها نامیده می شوند بتدریج به تحلیل رفته و یا طیّ پدیده هایی که بعداً اتفّاق می افتد تخریب می شوند. در سمت دیگر سه هسته باقی می ماند که متقاطرها نامیده می شوند. اینها ظاهراً هیچ فعّالیتی نداشته و بعدها تجزیه می گردند. کیسهٔ بزرگ محتوی ۷ یا ۸ سلّول تشکیل گامتوفیت ماده را داده و هنگام بلوغ به کیسهٔ جنینی موسوم است.

زمانی که گامتوفیت ماده در حال تشکیل است به موازات آن مراحلی اتّفاق می افتد که منجر به تشکیل گامتوفیت نر در بساکها می شود. در حالی که بساکها تشکیل می شوند چهار بخش بافتی درون توده های سلّولی مشخّص می گردد. این بخشهای بافتی محتوی تعداد زیادی سلّول ما در میکروسپور دیپلوییدی می باشند که هرکدام از آنها تقسیم میوز نموده به تتراد میکروسپورها تبدیل می شوند. چهار حفره یا محفظه (کیسه های گرده) که به وسیلهٔ سلّولهای پوششی مغذی احاطه شده اند به موازات تولید میکروسپورها در مقطع عرضی بساك ظاهر می گردند. همزمان با بلوغ بساك، دیواره های بین حفره های مجاور از بین رفته و بنابراین فقط دو کیسه بزرگتر باقی می ماند.

پس از تقسیم میوز، میکروسپوروها درون کیسه های دانهٔ گرده چندین تغییر کم و بیش همزمان پیدا می کنند.

۱ - هسته در هر میکروسپور یک بار تقسیم می شود.

۲ - اعضای هرکدام از میکروسپورهای تترادها از هم جدا می گردند (در بعضی گونه ها عمل جدایی اتّفاق نمی افتد ولی این استثنایی است).

۳- یک دیوارهٔ دو لاله ای که اغلب با ظرافت ویژه ای تزیین شده است، در اطراف میکروسپورها ایجاد می شود.

زمانی که این سه عمل صورت گیرد میکروسپورها به دانه های گرده تبدیل شده اند (شکل ۴-۲۲). لایهٔ خارجی دیوارهٔ دانهٔ گرده که اگزین نامیده می شود دارای موادّی می باشد که ممکن است بعداً با کلالهٔ گل واکنش شیمیایی انجام دهد. این واکنشها بسته به این که دانه

گرده متعلّق به همان گل یا گلهای دیگر یک گونه و یا گونه های مختلف باشد ممکن است باعث رویش دانهٔ گرده شده و یا بالعکس از تکامل بیشتر آنها جلوگیری کنند.

تعداد زیادی از دانه های گرده، سه شیار خیلی نازك و یا منافذی در دیوارهٔ خود دارند. تعداد این منافذ ممکن است از یک تا چند منفذ باشد. هریک از این منافذ ممکن است در نحوهٔ تکامل و تشکیل گامتوفیت نر که در فصل بعد در بارهٔ آن بحث خواهد شد مؤثّر باشند. یکی از دو هستهٔ دانهٔ گرده (زایشی) بعداً تقسیم شده و تولید دو اسپرم را می کند، و هستهٔ باقی ماندهٔ لوله (رویشی) در پدیده هایی که پس از خروج دانهٔ گرده از بساك رخ می دهند مؤثّر می باشد.

شکل ۴-۲۲ تصویر میکروسکپ الکترونی سطحی از دانهٔ گردهٔ شقایق، شیارها مناطق بازی هستند که بعداً لولهٔ گرده از طریق آنها بیرون می آید.

گرده افشانی

شاید در مجلاّت و مطبوعات متداول و روزمره در مورد گروه افشانی گلها و پاشیدن دانه های گرده بر روی گلها خوانده اید. معمولاً از این عمل چنین تفهیم می شود که ریختن گرد دانهٔ گرده بر روی گل معادل لقاح است، ولی این چنین نیست. گرده افشانی صرفاً به معنی انتقال دانه های گرده از بساك به کلاله است و نه بیشتر، عمل لقاح مستلزم ترکیب تخم زا با اسپرم بوده و ممکن است عمل لقاح روزها و هفته ها و حتّی ماهها بعد از گرده افشانی به طول انجامد و یا بعد از گرده افشانی بکلّی صورت نگیرد.

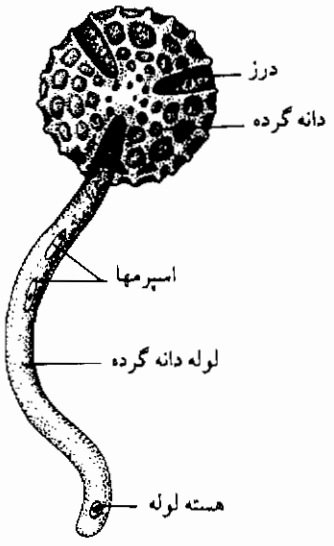
بیشتر گرده افشانیها به وسیلهٔ حشرات یا باد انجام می شود؛ ولی در بعضی گونه ها آب، پرندگان، خفّاشان، پستانداران دیگر و نیروی جاذبه به عنوان عواملی مؤثّر در گرده افشانی، عمل می کنند. سازگاری میان گل و عوامل گرده افشانی ممکن است پیچیده و دقیق باشد (شکل ۱۲-۲۲)، حتّی ممکن است در نمونه های خاصّی مستلزم نیرو، دارو، یا جاذبه های جنسی باشد (شکل ۱۶-۲۲). بحث اکولوژی گرده افشانی بعداً در این فصل ارائه خواهد شد.

لقاح و تشکیل دانه

پس از وقوع گرده افشانی، گامتوفیت نر ممکن است بلوغ بیشتری حاصل نکند مگر این که دانهٔ گرده اوّلاً از یک گیاه متفاوت در گونهٔ مشابه باشد؛ ثانیاً از واریته های متفاوتی باشد. تحت شرایط مناسب سیتوپلاسم متراکم دانهٔ گرده موادّی را از کلاله جذب می کند و از میان یکی از منافذ برآمدگی به شکل لوله خارج می شود. این لوله از میان سلّولهای کلاله و خامه به سمت پایین رشد می کند تا به سفت برسد. در ذرّت لولهٔ دانهٔ گرده احتمال دارد قبل از رسیدن به مقصد تا بیش از ۵۰ سانتیمتر رشد کند، ولی در بیشتر گیاهان این فاصله بطور قابل ملاحظه ای کمتر است.

رشد لولهٔ دانهٔ گرده امکان دارد کمتر از ۲۴ ساعت طول بکشد و معمولاً بیشتر از دو روز نیست هرچند گیاهان کمی وجود دارند که رشد لولهٔ گرده در آنها ممکن است تا یک سال هم ادامه یابد. همزمان با پیشرفت لولهٔ گرده محتویات دانهٔ گرده به درون آن تخلیه می شود. هستهٔ رویشی در نوك لوله جای می گیرد در حالی که هستهٔ سلّول جنسی (زایشی) عقب مانده و نهایةً درون لوله تقسیم میتوز نموده و دو اسپرم بدون تاژك تولید می کند. گاهی هستهٔ زایشی قبل از تشکیل لوله تقسیم می شود. دانهٔ گرده در حال رویش با هسته لوله و دو اسپرم گامتوفیت بالغ نر را تشکیل می دهند (شکل ۵-۲۲).

هنگامی که لولهٔ دانهٔ گرده به کیسهٔ جنینی می رسد معمولاً محتویاتش را به درون یک سلّول غیر جنسی قرینه در حال تخریب تخلیه می کند و یا سرانجام هنگام ورود به داخل این سلّول آن را معدوم می سازد. سپس یک پدیدهٔ خاص نهان دانگان بنام لقاح مضاعف (ترکیب مضاعف) صورت می گیرد. یک اسپرم به سمت تخم زا مهاجرت می نماید، با آن ترکیب شده و زیگوت را تشکیل می دهد. اسپرم دیگر با هستهٔ قطبی مضاعف (ثانویه) ترکیب شده و هستهٔ تریپلوییدی (3n) آلبومن را ایجاد می نماید. هستهٔ آلبومن به وسیلهٔ میتوز تقسیم شده و بافت 3n مغذّی بنام آلبومن را تشکیل می دهد.

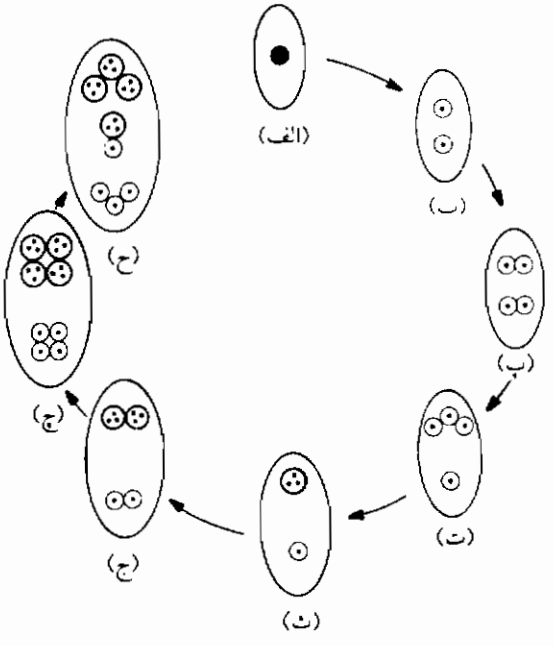


شکل ۵-۲۲ یك گامتوفیت نر بالغ گیاه گلدار

در بعضی تک لپّه ایها، مانند ذرّت و گیاهان دیگر بافت آلبومن بخش وسیعی از دانه را شامل می شود ولی در اکثر دولپّه ایها مانند اعضای خانوادهٔ حبوبات (نظیر نخود و لوبیا) آلبومن به وسیلهٔ جنین که از زیگوت به وجود آمده است مصرف می گردد. بطوری که همزمان با بلوغ دانهٔ آلبومن محو شده است. پوسته ها که ضخیم شده اند پوشش دانه می شوند و هسته ها یا سلّولهای باقی مانده (متقاطرها، قرینه ها، هستهٔ لوله) همگی تجزیه می گردند. در نتیجهٔ این پدیده های مختلف تخمک نهایةً به دانه تبدیل و همزمان با آن تخمدان نیز بالغ شده و تولید میوه می کند. پراکنش دانه و میوه در فصل ۸ توضیح داده شده است.

مراحل تشکیل کیسهٔ جنینی که در بالا شرح داده شد در ۷۰ درصد گیاهان گلدار شناخته شده صورت می گیرد. و ۳۰ درصد باقی مانده تفاوتهای دارند بطوری که کیسهٔ جنینی هنگام بلوغ از ۴ تا ۱۶ هسته یا سلّول دارا می باشد و آلبومن ممکن است 5n ، 9n یا حتّی 15n باشد. چنین تفاوتی در سوسنها، که برای تهیّهٔ مقاطع میکروسکپی به منظور نمایش تشکیل کیسهٔ جنینی بسیار ایده آل می باشند، مشاهده می گردد. هنگامی که در یک گل سوسن، سلّول مادر مگاسپور تقسیم میوز انجام می دهد، هر چهار هستهٔ هاپلوییدی مگاسپور تولید شده به عنوان هسته

(نه سلّول) فعّال باقی می مانند که سه عدد آنها باهم ترکیب شده و هستهٔ ۳n را ایجاد می کنند در حالی که هستهٔ چهارم به صورت n باقی می ماند. هسته ۳n دوبار تقسیم میتوز انجام داده، در تقسیم اوّل ۲ هستهٔ ۳n و در تقسیم دوم چهار هستهٔ ۳n تولید می شود. هستهٔ مگاسپور n نیز به طریق مشابه تقسیم شده و ایجاد ۴ هسته هاپلوییدی را می کند و همزمان کیسهٔ جنینی نیز تشکیل می شود. بطوری که درپایان این مراحل کیسهٔ جنینی حاوی چهار هستهٔ ۳n کروموزومی و چهار هستهٔ n کروموزومی می باشد. یک هستهٔ قطبی ۳n و دیگری n است و هنگام ترکیب توسّط یک اسپرم n کروموزومی آلبومن ۵n کروموزومی نتیجه می شود (شکل ۶-۲۲).



شکل ۶-۲۲ نحوهٔ رشد کیسهٔ جنینی در لاله: الف ـ پدیده با سلّول مادر مگاسپور دیپلوییدی (۲n) شروع می‌شود: ب و پ سلّول مادر مگاسپور تقسیم میوز انجام داده و ایجاد چهار هستهٔ مگاسپور هاپلوییدی (n) را می‌نماید: ت و ث سه هستهٔ مگاسپور ترکیب شده و یک هستهٔ تریپلوییدی (۳n) را ایجاد می کنند ولی هستهٔ چهارم تنها باقی می‌ماند؛ ج و چ هردو هسته‌ها (هاپلوییدی و تریپلوییدی) وارد دو تقسیم میتوزی پی در پی شده که نتیجهٔ آن ۴ هستهٔ ۳n و چهار هستهٔ n می‌باشد؛ ح ـ ۳ تا از هسته‌های ۳n به‌صورت متقاطرها عمل نموده و دیگر هستهٔ ۳n و یک هستهٔ n به‌شکل هسته‌های قطبی عمل می‌نمایند. سه هستهٔ باقی‌ماندهٔ هاپلوییدی به‌صورت تخم‌زا و ۲ هستهٔ همراه عمل می‌نمایند.

اپومیکسی و پارتنوکارپی (بکر زایی)

جنین بعضی دانه ها قادرند به طریق آپومیکسی و پارتنوکارپی (بکر زایی) یعنی در حقیقت بدون آمیزش و ترکیب گامتها (سلّولهای جنسی) لیکن با ساختمانهای معمول دیگر (مانند تخمدان) تشکیل شوند (بحث اپومیکسی، فصل ۱۴). برای مثال یک جنین به جای این که از زیگوت تشکیل شود از یک سلّول مغذّی دیپلوییدی تشکیل می شود. رویش دانه و رشد جنین در این گیاهان مانند تکثیر از طریق رویشی خواهد بود. میوه هایی که از چنین تخم زاهای لقاح نیافته ای تشکیل می گردند پارتنوکارپیک و بکر زا نامیده می شوند. چنین میوه هایی بدون دانه بوده و در بعضی از انواع پرتقال، موز، انجیر، و انگور دیده می شوند. هنگامی که متوجّه می شویم که همهٔ میوه های بدون دانه در نتیجهٔ بکرزایی ایجاد نشده اند موضوع پیچیده می گردد. برای مثال در انگورهای بدون دانه تامسون لقاح صورت می گیرد لیکن تخمکها قادر نیستند همراه میوه رشد کنند. گاهی با استفاده از هورمونهای رقیق به صورت اسپری بر روی گلها بکرزایی به صورت مصنوعی ایجاد می شود. گوجه فرنگیهای بدون دانه معمولاً از طریق چنین روشی تولید می گردند. هندوانه های بدون دانه از طریق آمیزش واریته هایی با عدد کروموزومی متفاوت تولید می شوند. نژادهای حاصل از چنین آمیزشی تولید میوه می کنند لیکن کروموزومها قادر به جفت گیری نیستند (فصل ۱۲). بنابراین لقاح و تشکیل دانه اتّفاق نمی افتد.

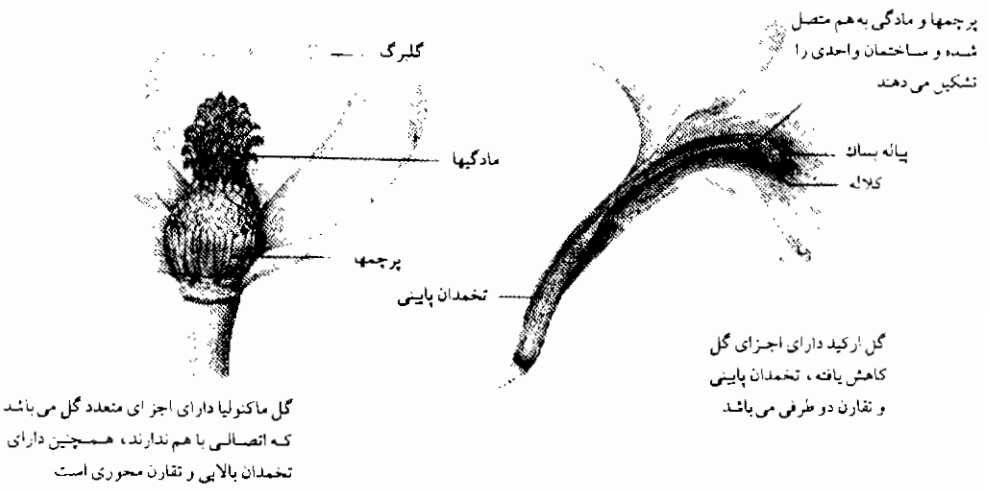
روند تخصّصی شدن و رده بندی در گیاهان گلدار

همان طور که در فصل ۱۵ اشاره شد، رده بندیهای مختلفی از گیاهان حتّی از زمان تئوفراستوس در قرن چهارم قبل از میلاد پیشنهاد شد و گیاهان به درختان، درختچه ایها، و علفها طبقه بندی شدند. رده بندیها نخست صرفاً برای راحتی و سهولت بود و ضرورةً ارتباطهای طبیعی را نشان نمی داد. حتّی امروزه گیاهان به منظور ساده کردن شناسایی آنها ممکن است در گروههای غیر طبیعی قرار داده شوند. برای مثال بعضی از کتب مربوط به گیاهان وحشی گونه هایی از گیاهان با گلهای سفید را کنار هم و یا گونه هایی از گیاهان با گلهای زرد را باهم در یک گروه و طبقه قرار می دهند. در واقع اشکالی در چنین نظم دهی وجود ندارد ولی چون این طرحها ارتباط طبیعی آنها را منعکس نمی کند (یعنی ارتباط بر پایهٔ وراثت) انسان قادر نیست صفات خانوادگی و ارتباط و خویشاوندی آنها را تشخیص دهد. نباید

این استنباط پیش آید که انسانهای موبور بیشتر به هم نزدیکند تا با انسانهای مومشکی ، و یا تمام سگهای مو بلند با هم نزدیکی بیشتری دارند تا با سگهای مو کوتاه. بنابراین، گیاه شناسان امروزی سعی دارند گیاهان را براساس روابط طبیعی آنها طبقه بندی نمایند و این روابط براساس و پایه مدارك جمع آوری شده و آزمایشات مربوطه در زمینه های نژاد، شکل و ساختمان، ترکیبات شیمیایی، شواهد فسیلی و سایر صفات قرار دارد. ولی با توجّه به شواهد و اطّلاعات امروزه تفسیرهای زیاد و متفاوتی ازروند تخصّصی شدن گیاهان گلدار و سایر گیاهان وجود دارد.

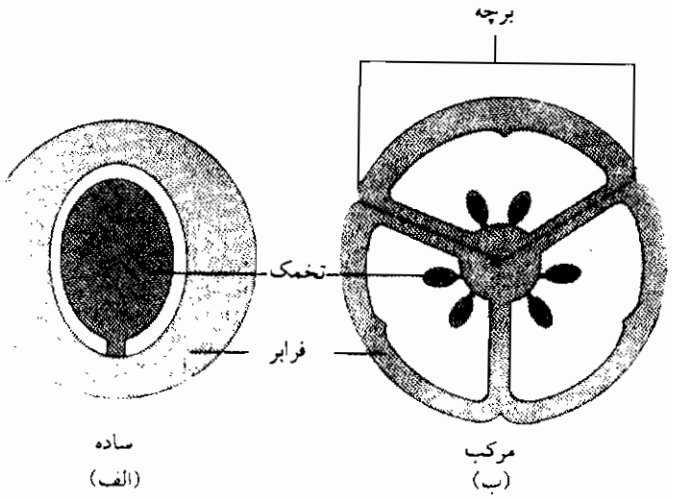
اگرچه اطّلاعات ما بسیار ناقص است، اما شواهد فسیلی فرضیه هایی ارائه می دهند مبنی براین که گیاهان گلدار ابتدا در حدود ۱۶۰ میلیون سال پیش در اواخر دورهٔ ژوراسه (جدول ۱-۲۰) ظاهر شدند و طیّ دوران کرتاسه و دوره های بعدی سنوزوییک تکامل و گسترش یافته و به صورت گیاهان غالب امروزی در آمدند. اکثر گیاه شناسان براین عقیده اند که گیاهان گلدار ابتدایی که به تصوّر آنها در دوران ژوراسه وجود داشته و اجداد گیاهان امروزه به شمار می آیند دارای ویژگیهای زیر بوده اند: (۱) برگهای ساده داشته اند؛ (۲) گلهای آنها اجزای زیادی داشته که جدا از هم بوده اند ؛ (۳) گلهای آنها دارای تقارن شعاعی بوده است (یعنی به وسیلهٔ بیش از یک صفحهٔ طولی به دو بخش مساوی تقسیم می شدند)؛ و (۴) هردو اندام پرچم و مادگی را دارا بوده اند.

در حالی که گلهای واجد چنین صفات ابتدایی امروزه فراوان به چشم می خورد، بسیاری از تغییرات و صفات اختصاصی نسبت به گلهای ابتدایی در بسیاری از آنها ایجاد شده است بطوری که تعداد اجزای آنها کمتر و محدودتر شده، اتّصال بین اجزا ایجاد شده و نظام مارپیچی به صورت حلقه ای و فراهم متراکم گردیده است (شکل ۷-۲۲). ظاهراً در ابتدا مادگی از یک ساختمان پهنک مانندی شبیه برگ با تخمکهایی که به حاشیه اتّصال داشته و به سمت درون پیچ خورده است تشکیل شده، چنین پهنک زایایی بر چه نامیده می شود. برچه های جداگانه گلهای ابتدایی سرانجام باهم اتّصال حاصل کرده و یک مادگی مرکّب را که شامل چندین برچه است تشکیل می دهند. این نوع مادگیها در تعداد زیادی از نهان دانگان امروزه دیده می شود (شکل ۸-۲۲). به عنوان مثال هر قطعه میوهٔ پرتقال، نشان دهندهٔ یک برچه است و یا در مقطع عرضی میوهٔ خیار سه برچه براحتی قابل تشخیص می باشد.


گلبرگ
مادگیها
پرچمها
تخمدان پایینی
پرچمها و مادگی به‌هم متصل شده و ساختمان واحدی را تشکیل می‌دهند
پایه بساک
کلاله
گل ارکید دارای اجزای گل کاهش یافته، تخمدان پایینی و تقارن دو طرفی می‌باشد
گل ماگنولیا دارای اجزای متعدد گل می‌باشد که اتصالی با هم ندارند، همچنین دارای تخمدان بالایی و تقارن محوری است

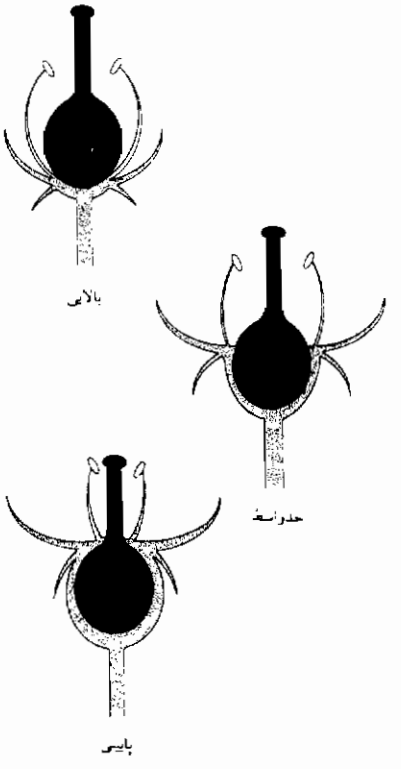
شکل ۷-۲۲ مقایسهٔ بین یك گل ابتدایی ماگنولیا (سمت چپ) و یك گل پیشرفتهٔ ارکیده (سمت راست). گل ماگنولیا دارای تعداد زیادی اجزاء می‌باشد که باهم اتّصال ندارند، و تخمدانهای زیرین و تقارن محوری دارد.

در گل ارکیده تعداد اجزای گل کاهش می‌یابد قطعات آن به‌هم متّصل می‌شود. همچنین دارای تخمدان زیرین و تقارن دو طرفی است.



شکل ۸-۲۲ تخمدانها در منظرهٔ عرضی : الف ـ تخمدان یك مادگی ساده که در هلو یافت می‌شود؛ ب ـ تخمدان یك مادگی مرکّب که در لاله یافت می‌شود.

در گلهای پیشرفته، نهنج یا بخشهای دیگر گل در اطراف تخمدان و در اطراف مادگی رشد نموده و باین صورت کاسه گل و جام گل در بالای آن قرار می گیرند. هنگامی که تخمدان باین صورت فرو رفته و به وسیلهٔ اجزا احاطه نمی شود تخمدان پایینی است. برعکس تخمدان بالایی در بالای نهنج قرار داشته و اجزای گل به اطراف و پایین آن متّصلند. چنین تخمدانی، ابتدایی در نظر گرفته می شود (شکل ۹-۲۲). گلها همچنین گرایش دارند تا نظیر سیب زمینی شیرین و گل ارکیده تقارن دوطرفه ایجاد نمایند (یعنی منحصراً به وسیلهٔ محور طولی منفرد به نیمه های متقارن تقسیم شوند. در بعضی خانواده ها گلها ناقص (تک جنسی) می باشند. هر گل ناقص منحصراً یا دارای پرچمها و یا مادگی است لیکن فاقد هردوی آنها می باشد. چنین گلهای ناقصی در خانوادهٔ کدوییان دیده می شود (مانند کدو، هندوانه، طالبی، و خیار) (شکل ۱۰-۲۲). در مواردی که گیاه دارای هردونوع گل ناقص نر و ماده است **یک پایه** نامیده می شود. ولی اگر گل نر یا ماده بتنهایی بر روی گیاه قرار داشته باشند گیاهان **دو پایه** می شوند.



شکل ۹-۲۲ موقعیّت تخمدانها در گلها: زیرین (هلو)، حدّ واسط (گیلاس)، زیرین (سیب درختی).

(الف)

(ب)

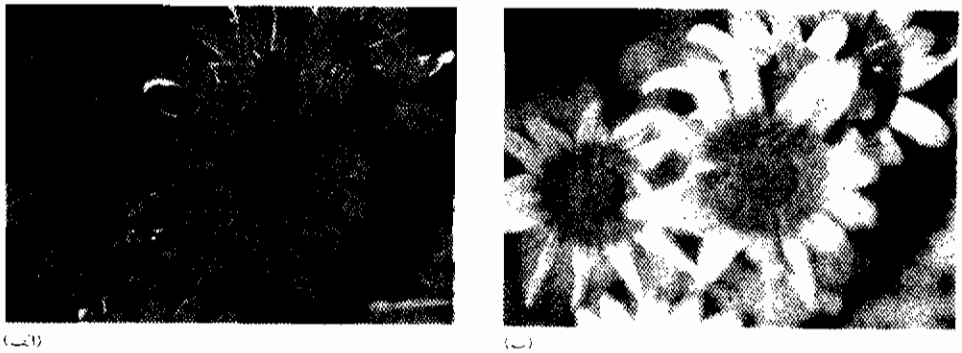
شکل ۱۰-۲۲ گلهای تك جنسی کدو : الف ـ گل نر؛ ب ـ گل ماده. به تخمدان زیرین که زیر جام گل قرار دارد توجّه نمایید.

تکامل تک لپّه ایها و دو لپّه ایها در نتیجهٔ تقلیل اجزا و اتّصال آنها و عبور از مراحل حدّواسط صورت گرفته است روابط انسان با گیاهان گلدار در واقع هزاران جلد کتاب را پر کرده است. خلاصه ای از چند مورد این موضوع وسیع در فصول ۲۳ و ۲۴ ارائه شده است.

اکولوژی گرده افشانی

هنگامی که بعضی از موجودات به منظور تأمین موادّ غذایی خود بین تولید کنندگان به چَرا مشغول می شوند غالباً با گلها برخورد می کنند. دانه های گروه بر روی حشرات و دیگر جانداران مانند گردی پاشیده می شود و در نتیجه جابه جایی آنها بطور غیر عمد ولی مؤثر عمل گرده افشانی بسیاری از گیاهان صورت می گیرد. در طول تاریخ تکامل گیاهان گلدار گرده افشانها نیز به موازات آنها تکامل یافته اند. در بعضی موارد رابطه بین آن دو بسیار اختصاصی می شود.

بین گرده افشانهای امروزه گیاهان گلدار بالغ بر ۲۰۰۰۰ گونه از زنبورها وجود دارد و بین آنها زنبورهای عسل بهترین گرده افشان شناخته شده اند. منبع عمده و اصلی غذای آنها شهد گلهاست ولی آنها دانه های گرده را نیز برای لاروهایشان جمع آوری می کنند. گلهایی که معمولاً مورد بازدید زنبورها قرار دارند رنگ روشن داشته بیشتر به رنگ زرد یا آبی ولی بندرت به رنگ قرمز خالص می باشند. به نظر زنبورها رنگ قرمز خالص به صورت رنگ متمایل به سیاه می آید و از این رو معمولاً از آنها صرف نظر می کنند. گلها غالباً دارای خطوط و علائم مشخّصهٔ دیگری نیز می باشند که به عنوان هدایت کنندهٔ زنبورهای عسل به سمت شهد گلها می باشند. زنبورها می توانند نور ماورای بنفش را ببینند (بخشی از طیف نور که برای انسان نامرئی است). بعضی از علائم و نشانه های گلها فقط در نور ماورای بنفش قابل دیدن می باشند. بدین جهت گاهی نشانه ها و علائم گلها آن طور که به دید زنبورها می رسد با آنچه که توسّط انسان مشاهده می گردد متفاوت است (شکل ۱۱-۲۲).



(الف) (ب)

شکل ۱۱-۲۲ علائم گل در گل مخروطی (Rudbeckia spp.): الف ـ در نور معمولی؛ ب ـ در نور فرابنفش

بسیاری از گلهایی که توسّط زنبورها گرده افشانی می شوند شهد لذیذ و خوشبویی دارند در مقابل گلهایی که با سوسکها گرده افشانی می شوند گرایش به رایحه ای قوی نظیر بوی مخمّر یا چیزهای تند و تیز و یا میوه دارند. چنین گلهایی معمولاً دارای رنگهای سفید یا تیره هستند تا مطابقت با حس بینایی و پایین گرده افشانهایشان را بکند. بعضی از گلها که با سوسکها گرده افشانی می شوند شهدی ترشّح نمی کنند ولی دانه های گرده شان در معرض حشرات قرار می گیرد و یا در روی گل برگهایشان سلّولهای ذخیره ای خاصّی وجود دارد که موادّ غذایی را در اختیار آنان قرار می دهند.

گلهایی که به وسیلهٔ مگسهای زبان کوتاه گرده افشانی می شوند دارای رنگهای قهوه ای یا قرمز تیره می باشند و اغلب رایحه ای بد شبیه بوی گوشت فاسد را دارند. چنین گلهایی شامل گل قورباغه ای آفریقای جنوبی می باشد (شکل ۱۲-۲۲). این گیاهان از لحاظ ساختمانی شبیه شیر گیاه (Asclepias sp) اگرچه ظاهراً شبیه آن نیستند. اینها به خاطر بوی بد و نامطبوعشان غالباً گل قورباغه ای نامیده می شوند. تعداد زیادی از گلهایی که توسّط زنبورها گرده افشانی می شوند به وسیلهٔ مگسهایی که زبان درازتر دارند نیز گرده افشانی می گردند. گلهایی که به وسیله بیدها و پروانه ها گرده افشانی می شوند از لحاظ عطر و بو شبیه گلهایی هستند که توسّط زنبورها گرده افشانی می شوند. تعدادی از پروانه ها فقط در شب چَرا می کنند. گلهایی که پروانه ها به سوی آنها جذب می شوند به رنگهای سفید یا زرد می باشند. این رنگها در معرض نور ستارگان و ماه در شب خوب جلوه می نمایند.

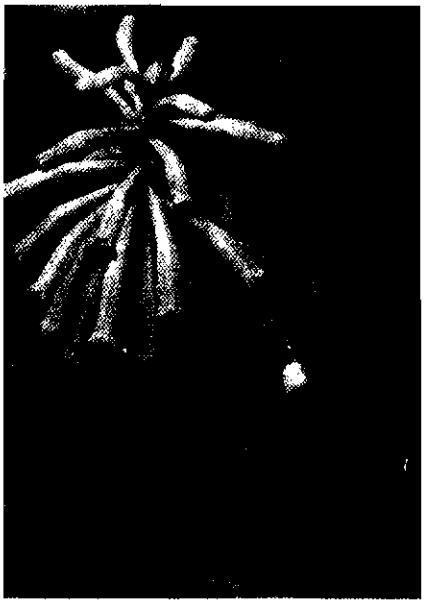
بعضی از زمینه های بسیار پیشرفته بین بیدها و گلها در میان پروانه های کوچک و گیاهان یوکا رخ می دهد. این گیاهان جثّهٔ نسبةً بزرگ و تنهٔ سفت و سخت و برگهای شمشیری دارند و در برابر طبیعت خشک و بیابانهای جنوب غربی آمریکا ایستادگی می نمایند. پروانهٔ ماده، توده هایی از گرده های چسبناك را از پرچمهای یک گیاه جمع آوری نموده و آنها را به کمک زایده های دهانی ویژهٔ خود به گیاه دیگر منتقل می کند. در آن جا پروانه داخل گل شد، دیوارهٔ تخمدان را سوراخ کرده و در مجاورت ردیفهای تخمکها تخم گذاری می کند. آن گاه با توجّه به این که پروانه متعلّق به کدام گونه باشد، گلوله های گرده را یا در حفره های کلاله می ریزد و یا گرده ها را به سطح کلاله می مالد و بدین ترتیب گرده افشانی بطور مؤثّری صورت می گیرد. به موازاتی که تخمکها به دانه تبدیل می شوند تخمهای پروانه باز می شوند و لاروها بعضی دانه ها را به عنوان غذا مصرف می کنند. سپس لاروها پس از رشد کامل، راه خود را به بیرون از تخمدان

باز می کنند. لاروها تا فصل گل دهی آینده در زیر سطح خاك به صورت غیر فعّال در پیله ای باقی می مانند تا پروانهٔ بالغ بیرون آید. لاروها به ندرت بیش از $\frac{1}{3}$ دانه ها را نابود می کنند.

شکل ۱۲-۲۲ یك گل گیاه استاپلیا (Stapelia)

بعضی پروانه ها می توانند گلهای قرمز را پیدا کنند و لذا آنها را گرده افشانی می کنند. عطر و شهد این گلها در پایهٔ لولهٔ جام گل یا مهمیز قرار دارد جایی که فقط بیدها و پروانه های زبان دراز امکان دست رسی به آن را دارند. گاهی بطور اتّفاقی زنبورهای درشت برای به دست آوردن شهد گل از طریق جویدن انتهایی مهمیز وارد می شوند.

پرندگان : پرندگان خصوصاً مرغ مگس خوار آمریکایی و پرندگان افریقایی و گلهایی که به وسیلهٔ این پرندگان گرده افشانی می شوند کاملاً باهم سازش پیدا کرده اند (شکل ۱۳-۲۲). پرندگان حسّ بویایی قوی ندارند ولی در عوض قدرت بینایی دقیقی دارند. گلهای مورد توجّه این پرندگان، بیشتر دارای رنگهای قرمز یا زرد روشن بوده و معمولاً عطر کمی هم دارند. این گلها خیلی درشت بوده و یا بخشی از گل آذین درشتی می باشند.

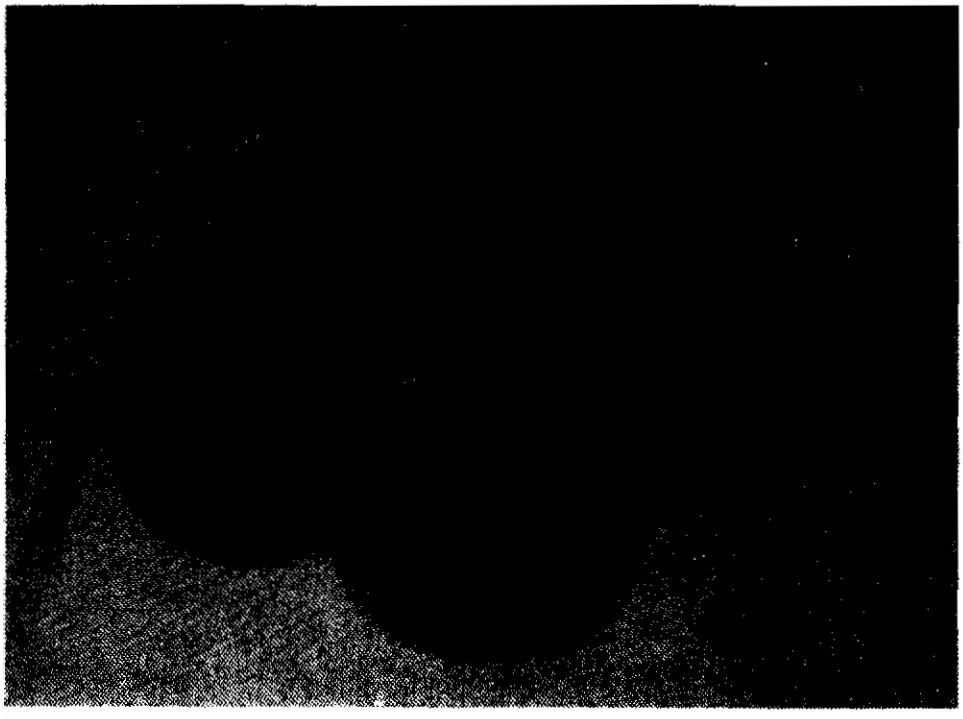


شکل ۱۳-۲۲ مرغ مگس‌خوار هنگام ملاقات با گل

پرندگان گرده‌افشانهای بسیار فعّالی هستند و بسرعت انرژی خود را به مصرف می رسانند. آنها برای بقای خود بایستی به کرّات تغذیه نمایند. تعدادی از گلهایی که پرندگان به آنها رجوع می کنند مقادیر فراوانی شهد تولید می نمایند. لذا این امر، خود باعث دیدارهای مکرّر و مطمئن پرندگان از این گلها می گردد. شهد در لولهٔ طویل گل تولید می شود و مانع از دست رسی حشرات به آن می شود. در بعضی از گلهای آویز بومی کالیفرنیا هر دانهٔ گرده دارای زایده های درازی است (شکل ۱۴-۲۲). هنگامی که یک مرغ مگس خوار منقار بلندش را در چنین گلهایی داخل می کند رشته های دانهٔ گرده در اطراف موهای کوتاه و سفت موجود در پایهٔ منقار می چسبند و پرنده بدین وسیله ناخواسته گرده ها را از گلی به گل دیگر منتقل می نمایند.

گلهایی که به وسیلهٔ خفّاش گرده‌افشانی می شوند بیشتر متعلّق به مناطق گرمسیری بوده و هنگام شب که خفّاشان برای جستجویی غذا می روند (شکل ۱۵-۲۲). این گلها دارای رنگ تیره و شبیه گلهایی هستند که توسّط پرندگان گرده‌افشانی می شوند. این گلها یا به اندازهٔ کافی درشت هستند که جانور بتواند بخشهایی از سر خود را وارد آن کند، و یا دارای گل آذین توپی

شکل هستند که تعداد زیادی گلهای کوچک دارند و پرچمها بسادگی دانه های گرده را بر روی جانور می پاشند.



شکل ۱۴-۲۲ یك مجموعهٔ چهارتایی از دانه‌های گردهٔ گل آویز کالیفرنیایی. تارهایی که‌به‌موهای کوتاه و سفت انتهایی منقار مرغ مگس‌خوار اتّصال حاصل می‌کنند ، نشان داده شده‌است.

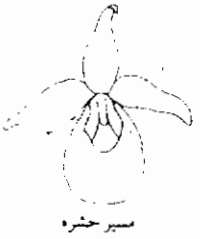
خانوادهٔ بسیار بزرگ ارکید، که تقریباً ۳۵۰۰۰ گونه دارد تمام گرده‌افشانهای بالا را داراست بعضی سازشها بین گلهای ارکیده و گرده‌افشانهایش شگفت انگیز می باشند (شکل ۱۶-۲۲). دانه های گردهٔ اکثر ارکیده‌ها در کیسه های کوچکی بنام پلینی[1] تولید می شوند که در پایهٔ خود دارای بالشتکهای چسبناکی می باشند. هنگامی که زنبوری به طرف چنین گلهایی می آید پلینیها معمولاً بالای سرش قرار می گیرند. چسب لایه های چسبناك تقریباً

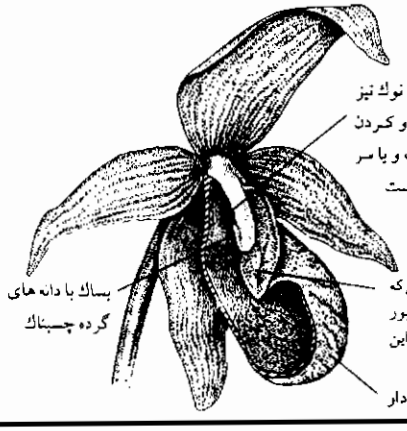
1- Pollinium

فوراً خشک و باعث می شود پلینیها محکم بچسبند. در بعضی ارکیده ها پلینیها براثر مکانیسم خاصّ موجود در گل شدیداً با گرده افشان برخورد می کنند.

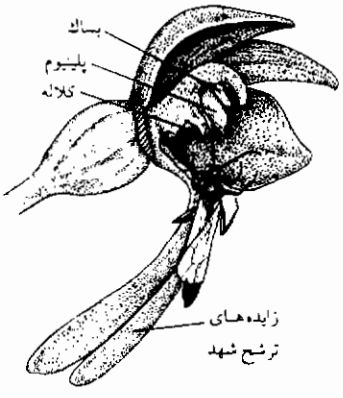
شکل ۱۵-۲۲ خفّاش در حال تغذیه از گل نوعی کاکتوس (Lemaireocereus spp.)

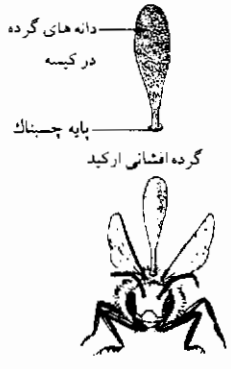
گیاهان اُفریس (*Ophrys*) نوعی ارکیده هستند که در اروپا و آفریقای شمالی یافت می شوند. گلهای آنها دارای گل برگهای تغییرشکل یافته ای هستند که به زنبورهای درشت ماده شباهت دارند. زنبورهای نر که یک یا دو هفته قبل از ماده ها از شفیره بیرون می آیند ظاهراً این گل برگها را با زنبورهای ماده اشتباه گرفته و سعی می کنند با آنها آمیزش نمایند. هنگامی که چنین عملی را انجام می دهند پلینیها برروی سرآنها پاشیده می شود و زمانی که با گل دیگری تماس حاصل نمایند پلینیها بر سطح حفره های چسبناك کلاله می چسبند. پلینیهای از دست رفته در این فعل و انفعال با پلینیهای جدید جایگزین می شوند و این تجدید پلینیها در هر ملاقات با گرده افشان صورت می گیرد.



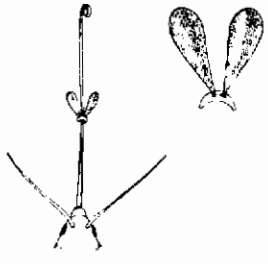

کلاله از برجستگیهای نوک تیز
و چسبناک برای جارو کردن
دانه های گرده از پشت و یا سر
حشره پوشانده شده است
بساك با دانه های
گرده چسبناك
گلبرگ شکم دار

مکانیسم شمارهٔ ۱ : زایده‌ای که موقع نشستن زنبور از هم باز می‌شود و هنگامی که زنبور درون گل قرار می‌گیرد به حای خود برگشته بسته می‌گردد. بدین طریق زنبور مجبور می‌شود از طریق روزنه‌ای که در مرکز گل قرار گرفته است بیرون بیاید. این روزنه، نزدیک پرچم و کلاله قرار گرفته است.



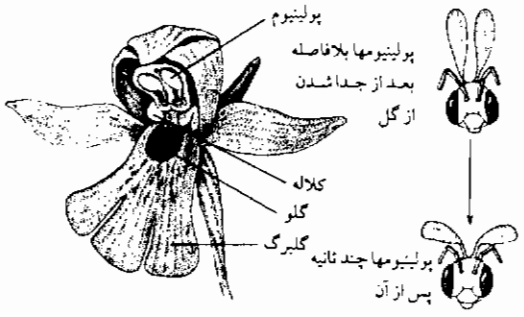


مکانیسم شمارهٔ ۲ : حشره، زایده‌ای را که شهد ترشّح می‌نماید دنبال می‌کند تا به مرکز گل برسد. پرلینیها در نتیجهٔ یک انفجار که توسّط برخورد حشره با بخش حسّاس گل صورت می‌گیرد رها شده و به حشره می‌چسبند. هنگامی که حشره گل دیگری را بازدید می‌نماید پرلینیها که به سر آن چسبیده است در نتیجهٔ برخورد با کلاله چسبنده گل آزاد شده و در همین موقع پرلینیهای جدید نیز دو مرتبه به حشره متّصل می‌شوند.

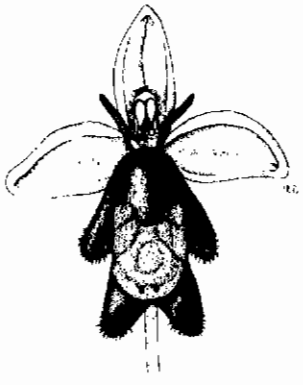


مکانیسم شمارهٔ ۳ : ارکیده‌هایی که به وسیلهٔ پروانه ها گرده افشانی می‌شوند ممکن است در انتهای پرلینیها یک گیره مانند داشته باشند. هنگامی که پروانه زبان خود را پایین برده و به گلوی گل می‌رساند و با نقطه حسّاس گل تماس حاصل می‌کند، پرلینیها به وسیلهٔ این گیره‌ها به زبان حشره اتّصال پیدا می‌کنند.

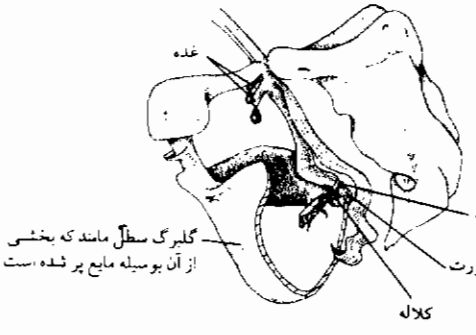
شکل ۱۶-۲۲ بعضی از مکانیسمهای گرده‌افشانی در ارکیده‌ها.



مکانیسم شمارهٔ ۴: در ارکیده‌های با گلهای بزرگ و نمایشی، در قطعه کلاله جداگانه وجود دارد. هنگامی که حشره به سراغ گل می‌آید پولینیها به سر آن می‌چسبند. سپس پولینیها به بیرون و جلو می‌پیچند بطوری که وقتی که حشره گل دیگری را ملاقات می‌کند پولینیها به قطعات مجزای کلالهٔ آن چسبیده و در همان هنگام پولینیهای جدید به وسیلهٔ حشره مجدداً انتقال می‌یابند.



مکانیسم شمارهٔ ۵. یک جنس از ارکیده‌های بومی اروپا و آفریقای شمالی یک گلبرگ دارد که شبیه زنبور ماده می‌ماند. زنبور نر سعی دارد با آن جفت گیری کند و بدین طریق ناحیهٔ حساس محتوی پولینیها را تحریک می‌کند. لذا پولینیها به سر زنبور چسبیده و به گل دیگر انتقال می‌یابند. زنبور بدین وسیله غبر مستقیم در گرده افشانی مؤثر واقع می‌شود.



مکانیسم شمارهٔ ۶: گلهای ارکیدهٔ مخزن‌دار آمریکای جنوبی دارای گلبرگی هستند که به صورت سطل یا مخزنی در آمده که به وسیلهٔ مادّه‌ای که از غدد مخصوص ترشّح می‌گردد پر می‌شود. حشره هنگامی که گل را ملاقات می‌کند ممکن است در این مایع بیفتد. حشره سپس سعی می‌کند از روزنهٔ دیگر خارج شود، در مسیر خارج شدن با کلاله و پرچمهای حامل پولینی تماس حاصل کرده و موجب انتقال آنها می‌شود زیرا کلاله و پرچم بلافاصله در بیرون روزنه خروجی قرار دارند.

در ارکیده هایی که به وسیلهٔ بیدها و پروانه ها گرده افشانی می شوند پلینیها توسّط برآمدگی چسبناکی به جای لایهٔ چسبنده، به زبان دراز آنها منتقل می شوند. پلینیهای بعضی از ارکیده های مردابی به چشم گرده افشانها که معمولاً پشه هستند می چسبد. پس از چندبار گرده افشانی پشه ها بینایی خود را از دست می دهند و قادر به ادامهٔ فعّالیتهای عادیشان نیستند، این یک نمونهٔ بسیار جالب از کنترل بیولوژیکی است که در یک اکوسیستم اتّفاق می افتد. در میان شگفتیهای بسیار زیاد موجود در مکانیسمهای گرده افشانی ارکیده ها، مکانیسمهایی وجود دارند که گرده افشانها را در یک مایع مترشّحه به وسیلهٔ خود ارکیده غوطه ور می نمایند. بدین صورت گرده افشان مجبور به فرار زیر آبی می شود و از این طریق برخورد با پلینیها را در مسیر خود حتمی می سازد. در نوعی دیگر از ارکیده ها براثر وجود بوهای تخدیر کننده، گرده افشان مدهوش می شود و پلینیها به آرامی به آن می چسبند. زمانی که انتقال پلینیها کامل شد اسانس ناگهان قطع می گردد و حشره که بطور موقّت بیهوش شده بود به هوش آمده و پرواز می کند.

هرباریوم و حفظ گیاه

منابع گیاه شناسی بسیاری از دانشگاهها و مؤسّسات مشابه شامل هرباریوم نیز می باشند که تا حدودی شبیه کتابخانه های گیاهان خشک و پرس شده هستند و به صورتی منظّم و مرتب شده اند که ردیابی گیاهان خاص به سهولت و آسانی صورت می گیرد. نمونه هایی از هر باریوم که بطور صحیح و خوب آماده و نگاهداری شوند می توانند تا ۳۰۰ سال یا بیشتر در شرایط بسیار عالی باقی بمانند. ایجاد هرباریوم شخصی، به آموزش رسمی و یا تجربه نیاز چندانی ندارد. چیزی که نیاز است شامل بعضی از وسایل ساده (که می توانند دست ساز باشند). و توانایی دنبال کردن تعدادی روشهای نسبةً ابتدایی می باشد.

روشها

گلها و بخشهای دیگر گیاه که می بایستی حفظ شوند لازم است سریعاً و بی آن که آسیبی به آنها وارد شود رطوبتشان گرفته شود. این امر معمولاً به وسیلهٔ پرس مخصوص گیاه[1] صورت می گیرد (شکل ۱۷-۲۲). وسایل مورد نیاز این شیوهٔ ساده، عبارتند از دو تکّه تختهٔ

1- Plant press

چند لایه ای (یا موادّ چوبی دیگر و یا صفحات فلزّی) به ابعاد تقریباً ۶۴ × ۳۰ سانتیمتر و یک جفت طناب یابند چرمی برای پیچاندن اطراف تخته ها، تعدادی صفحات رطوبت گیر (صفحاتی از کاغذ خشک کنهای سنگین) با ابعاد مشابه نیز در بین تخته ها قرار داده می شوند. یک صفحه روزنامهٔ تا شده بین هر خشک کن گذاشته می شود و تعدادی ورقهٔ مقوّای سفت که بین خشک کنها بطور پراکنده قرار داده می شود.

شکل ۱۷-۲۲ یك پرس گیاه

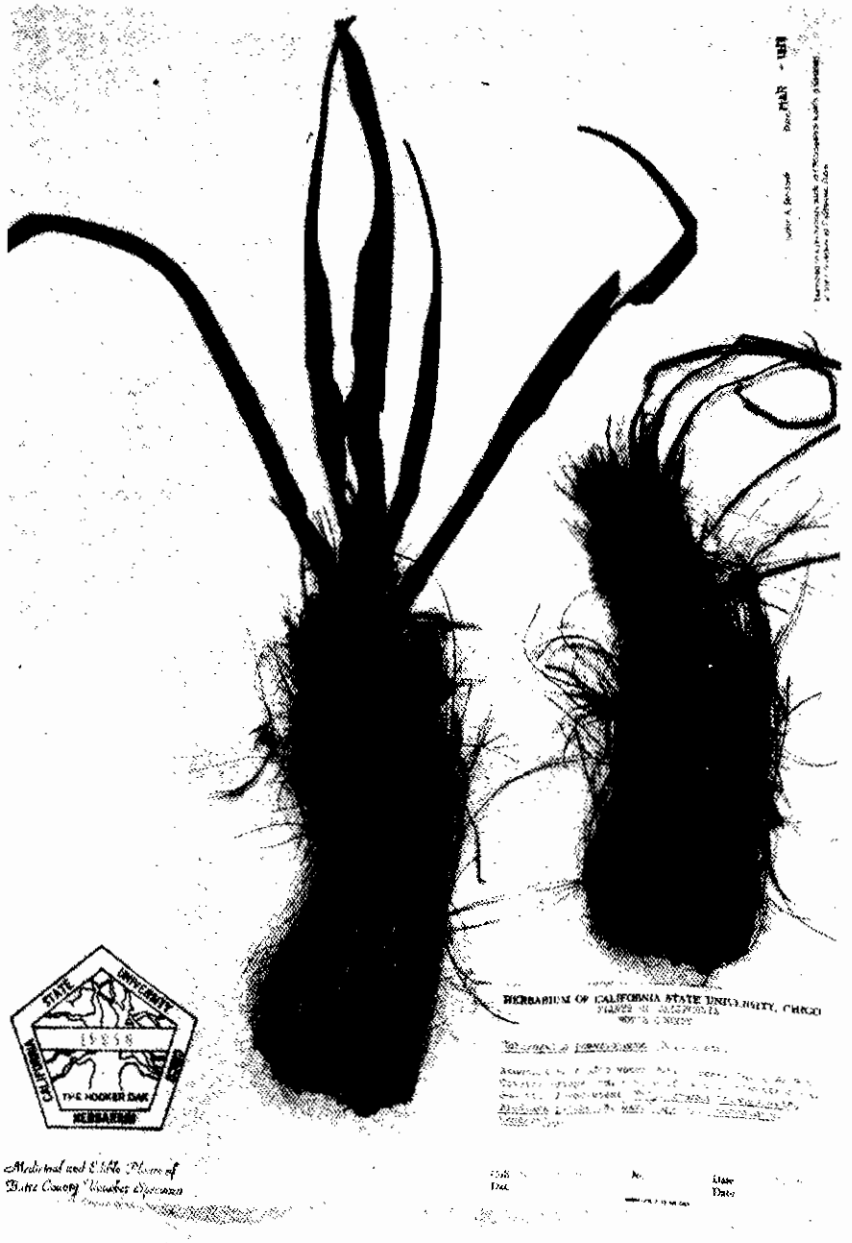
خاکهای متّصل به ریشهٔ گیاهان نمونه باید شسته شوند و گیاه در خارج از پرس بر روی یک صفحهٔ روزنامه قرار گیرد و برگها به دقّت صاف شوند همچنین سعی شود گل برگها و سایر قسمتهای گیاه هنگام پرس، تاخوردگی و چروك ایجاد نکنند. محل، زمان، و نام شخص جمع کننده بامداد روی روزنامه نوشته می شود و یا یک شماره به آن می دهند و یادداشت در دفتر جداگانه ای به ثبت می رسد. سپس کاغذ روزنامه روی نمونهٔ تا شده و نمونهٔ بین دو خشک کن قرار می گیرد.

ممکن است تعدادی از نمونه ها در یک زمان در پرس قرار داده شوند و یا اگر فضا اقتضا کند بین یک صفحهٔ روزنامه جا داده شوند. ولی بین هر روزنامه بایستی تنها یک گونه قرار گیرد. چون مخلوط کردن گونه ها ممکن است باعث شود که برخی به واسطهٔ اختلاف در بافت ساقه و عوامل دیگر، بهتر از دیگران پرس شوند. پس از آن، روزنامه های حاصل گیاهان انتخابی را درون پرس می گذارند و بندها

تا جایی که ممکن است در اطراف پرس محکم بسته می شوند. آن گاه پرس را برای خشک شدن به مدّت ۳ تا ۴ روز در برابر آفتاب یا نزدیک یک بخاری قرار می دهند (ولی نه آن قدر نزدیک که بسوزد). برگهای گوشتی و آبدار قبل از چسباندن برروی کاغذ هرباریوم بایستی کاملاً خشک شده باشند. اگر پرس مخصوص در دسترس نباشد می توان گیاهان را با قراردادن بین روزنامه و خشک کن و گذاشتن اجسام سنگین روی آنها خشک و پرس کرد.

در صورت امکان برای چسباندن نمونه ها بایستی از کاغذهای مخصوص هرباریوم استفاده کرد چون کاغذهای معمولی در طول زمان تخریب می شوند. همچنین برای حفظ و نگاهداری از نمونه های شکننده بایستی از کاغذهای ضخیم استفاده شود. گیاهان پرس شده به چندین طریق به کاغذ چسبانده می شوند. بعضیها چسب سفید کتابخانه ای با کیفیّت خوب را بر سطح صفحه شیشه ای پخش نموده، سپس نمونه را روی چسب که هنوز خشک نشده باشد قرار می دهند طوری که یک سمت نمونه با چسب آغشته شود، آن گاه نمونه ها را یک یک برروی کاغذ مخصوص هرباریوم که معمولاً در اندازه های ۴۲ × ۲۹ سانتیمتر می باشد منتقل می نمایند. بعضی کارشناسان دیگر، ابتدا نمونه ها را روی کاغذ هرباریوم می گذارند و چسب را در نقاط مناسبی بآن اضافه می کنند. گوشهٔ سمت راست پایین کاغذ برای بر چسب زدن درنظر گرفته می شود. برچسب حامل نام علمی گیاه و اطّلاعات مربوط به آن و نام جمع آوری کننده و تاریخ جمع آوری می باشد (شکل ۱۸-۲۲).

گیاه شناسان حرفه ای نمونه هایشان را تک تک شماره گذاری می کنند و این شماره ها را بعد از نام جمع آوری کننده قرار می دهند. برچسب باید به اندازهٔ ۱۲/۵ × ۷/۵ سانتیمتر باشد و کاغذ مورد استفادهٔ آن نیز با دوام مخصوص باشد. پس از آن، نمونه ها در پوشه های ویژه قرار داده شده و با روشهای سیستماتیکی نگاهداری می شوند طوری که ردیابی تک تک نمونه ها بادگی ممکن باشد. هرباریومهای مؤسّسات مهم معمولاً گیاهان را برحسب نام خانواده و روند احتمالی تکاملی آنها مرتّب می کنند. سپس جنسها و گونه ها برحسب حروف الفبا درون خانواده مرتّب می شوند. ضمناً برای جلوگیری از تخریب گیاهان توسّط حشرات بایستی نفتالین و یا موادّ مشابه دیگر را به قفسه ها و محلّ نگاهداری نمونه ها اضافه نمود.



شکل ۱۸-۲۲ یك نمونهٔ هرباریومی که روی صفحهٔ هرباریوم چسبانده شده است.

بعضی افراد علاقه دارند گلهای خشک شده را برای استفادهٔ تزیینی برروی کارتها، حصیرها، و سایر وسایل مصرف کنند. در خشک کردن در این موارد نیز مشابه نمونه های هرباریومی صورت می گیرد ولی بعداً با مهارتهای خاصّی در تزیینات به کار می روند. برای آرایش و نصب دیواری نمونه ها را می توان روی یک قطعه مقوآی صاف چسباند و روی آن را به وسیلهٔ پلاستیک شفّاف یا شیشه پوشاند و سپس حواشی را نظم داد و آن را قاب نمود (شکل۱۹-۲۲). یادداشتهای تزیینی را می توان با قراردادن گلهای خشک شده روی کاغذ و پوشاندن آن با کاغذ نازك مخصوص درست کرد. مخلوطی از یک قسمت چسب سفید و سه قسمت آب روی پارچه یا کاغذ مالیده می شود تا بطور دایمی ثابت شود، نمونه، از خلال ورقهٔ کاغذ نازك قابل دیدن می باشد. کاغذ تماس یافته شفاف به اندازه مطلوب بریده شده و این گلهای پرس شده مناسب جهت نصب روی کارت یا پارچه است. گلهای خشک شده را همچنین می توان هنگام قالب ریزی درون پلاستیک شفّاف به طرز مناسبی قرار داد.

شکل ۱۹-۲۲ گلهای خشك شده و پرس شده به‌صورت کاردستی قاب شده‌اند.

گلهـا را می توان بدون پرس نیـز خـشک نمود و در این صـورت با کـمی صبـر می توان نمونه های طبیعی و سه بعدی مشابه نمونه های زنده را به دست آورد. گلهایی که گل برگهای آنها نسـبةً سفت و دایـمیتر می باشند برای چنین منظوری مناسبترند. بیشتر این نـوع خشک کردنـها در جعبه های کفش معمولی صورت می گیرد ولی هر نوع جعبهٔ دیگری هم می تواند مورد استفاده قرار گیرد. کف جعبه تا حدود ۲ سانتیمتر از شن یا ژل سیلیس و یا مخلوط بوراکس پوشیده می شود. گل تازه با دم گل که هنوز به ساقه متّصل است به آرامی بر سطح شن یا موادّ دیگر، درون جعبـه قرار داده می شود. سپس مقداری شن بیشتر یا ژل سیلیس و مخلوط بوراکس با ملایمت به داخل جعبه ریخته می شود تا وقتی که تمام گل پوشیده شود. بایستی دقّت کرد که اطراف نمونه هیچ گونه حباب هوایی باقی نماند (شکل ۲۰-۲۲).

شکل ۲۰-۲۲ خشك كردن سه‌بعدی گلها. گل در جعبه ای که با شن، ژل سیلیکا و مخلوط بوراکس پر شده قرار می گیرد.

هریک از سه عامل خـشک کنندهٔ فوق الذّکر، مزایا و مضرّاتی دارند. شن بایستی چندین مرتبه شسته شود تا اطمینان حاصل گردد که آنها قبل از استفاده کاملاً تمیز شده اند. همچنین لازم است شن کـاملاً خـشک، یکنواخت و حتّی الامکان با دانه هایی مـجزّا از هم بوده و ذرّات زاویه دار نبوده، کـروی و گرد باشد. چنین شنـهایی با دانه های کروی و گرد در سواحل دریاچهٔ نمک در ایالت یوتاه[1] یافت می شـود و همچنین در فـروشگاههـای هنری و صنایع دستی نیز ارائه

1- Utah

می گردد. حدود ۲ هفته طول می کشد تا گلها در شن خشک شوند. ژل سیلیس به صورت تجارتی در دسترس قرار می گیرد و سریعترین وسیلهٔ خشک کننده موادّ فوق الذکر است. بدین ترتیب معمولاً در ۴ تا ۵ روز کار انجام می گیرد (اگر جعبه در آون میکروویو قرار داده شود زمان خشک شدن تا ۵ دقیقه کاهش می یابد). ولی از آن جا که اندازهٔ ذرّات ژل سیلیس کمی متفاوتند باعث می شوند در گیاه تغییر کمی حاصل شود و گل سطح نامنظّمی پیدا کند و بعضی از رنگها نیز تیره شود. این طریقه از جهت اقتصادی نیز مقرون به صرفه نیست. هنگامی که از بوراکس استفاده می شود، دو قسمت از آن بایستی با یک قسمت از شن یا آرد ذرّت مخلوط شود. این مخلوط، گلها را در مدّت سه هفته خشک می کند ولی گاهی پاك کردن مخلوط از سطح گلهای خشک شده دشوار می باشد.

هنگامی که دورهٔ خشک کردن کامل شد، جعبه را خم می کنند تا شن یا موادّ خشک کن دیگر به آرامی به بیرون ریخته شود. چنانچه گل برگی جدا شود آن را می توان با چسب در جای خودش چسباند. برای استحکام و استواری بیشتر اجزا می توان از سیم برای بستن و اتّصال آنها استفاده نمود. بعد از آن که ذرّات تماماً از سطح گلها پاك شد می توان پودر کچ را روی گل پاشید تا پریدگی بعضی از رنگها را ترمیم نماید. به مبتدیان توصیه می شود که در ابتدای کار در خصوص خشک کردن ۳ بعدی، از گلهای مناسب و درشت که گل برگهای آنها بسادگی جدا نمی شوند استفاده نمود (نظیر گل آهار و گل سرخ).

یك تذکّر به جمع آوری کنندگان

مجموعه های گیاهان خشک شده بویژه مجموعه های هرباریومی که در تحقیقات گیاه شناسی گذشته بسیار ارزشمند بوده اند شکی نیست در آینده نیز چنین خواهد بود. آنها به شناسایی گیاهان بخصوص در مواقع اضطراری هنگامی که کودکان بخش یا بخشهایی از گیاهان را خورده اند که گمان می رفته گیاه سمّی بوده باشد؛ و تشخیص گیاهان خاصّی که ایجاد حسّاسیت می نمایند، کمک می کنند. هرباریومها در تحقیقات باستان شناسی برای تشخیص گیاهانی که در تمدّنهای گذشته مصرف داشته اند سهیم می باشند. همچنین هرباریومها به منظور تدریس در سطوح مختلف آموزشی مورد استفاده قرار می گیرند. آنها نیز در دادگاهها گاهی هم برای دفاع از متهّم و هم برای ثبوت جرم مفید بوده اند و نیز منبع اوّلیهٔ اطّلاعات در پراکنش گیاهان با پتانسیل استفاده های کشاورزی و باغبانی نیز برای استفاده های دارویی می باشند.

اغلب مباحث مربوط به رابطه خویشاوندی طبیعی بین گیاهان در هرباریومها شروع می شود. بدون چنین «کتابخانه های گیاهی» افزایش دانش، در بعضی مسیرهای عملی و نظری شدیداً محدود خواهد بود.

صدها گیاه بومی آمریکای شمالی اکنون یا کمیاب شده و یا در فهرست گیاهان درمعرض نابودی قرار گرفته است، و هزاران گیاه در قارّه های دیگر وضعیت مشابهی دارند. موقع آن رسیده که اشخاص حرفه ای و غیر حرفه ای علاقه مند به گیاهان بایستی نهایت احتیاط را در جمع آوری گیاهان بومی بنمایند. جمع آوری کنندگان گیاه قبل از هر چیز باید بدانند چه گیاهی را جمع آوری و در غیر این صورت بایستی از جمع کردن آن خودداری کنند. جمع آوری برای مجموعه های خصوصی بدون هدف ویژه باید شدیداً محدود شود. باستثنا تحقیقاتی خاص یک عکس خوب از یک گیاه حقیقةً بر نمونه خشک شده ترجیح دارد و زیباتر نیز هست. صادقانه امیدواریم که هر خواننده تا جایی که امکان دارد مجموعهٔ خود را به عکسهایی از گیاهان بومی محدود کند.

خلاصه

۱. گیاهان گلدار، نهان دانگان هستند با تخمکها و دانه های کاملاً محصور درون برچه ها که خود تشکیل تخمدان را داده و به میوه تبدیل می شوند. تمام گیاهان گلدار در شاخهٔ آنتوفیتا قرار می گیرند و به دو ردهٔ بزرگ تک لپّه ایها و دو لپّه ایها تقسیم می شوند.

۲. گیاه شناسان مکتب انگلر براین عقیده اند که گیاهان گلدار، از مخروط داران مشتق شده اند، ولی اکثر گیاه شناسان معاصر معتقدند که آنها از سرخسهای دانه دار نشأت گرفته اند و گلهای ابتدایی تعدادی اجزای زیاد و پهن و مجزّا داشته اند که بر سطح و اطراف نهنج درازی با آرایش مارپیچی قرار گرفته بوده است.

۳. گیاهان گلدار هتروسپوروس یعنی ناجور هاگ می باشند.

۴. گامتوفیتهای گیاهان گلدار در ساختمانهای مجزّایی رشد می کنند. در تخمک یک سلّول ما در مگاسپور با تقسیم میوز تولید ۴ مگاسپور می کند. ۳ مگاسپور به تحلیل می رود، و مگاسپور چهارم به کیسهٔ جنینی که دارای هشت هسته در سه گروه هست تبدیل می شود. تخم زا نزدیکترین به سفت است که در طرفین آن دو سلّول قرینه قرار دارند. دو هستهٔ قطبی که باهم ترکیب می شوند در مرکز قرار گرفته و در انتهای دیگر کیسهٔ جنینی سه سلّول متقاطر وجود دارد.

۵. پوسته ها (اینتگومنتها) که بعداً پوست دانه را تشکیل می دهند، کیسهٔ جنینی یا گامتوفیت ماده را احاطه می کنند.

۶. درون یک ساك تعداد زیادی سلّول مادر میکروسپور وارد تقسیم میوز شده وتولید میکروسپور می کنند. میکروسپورها تبدیل به دانهٔ گرده دو هسته ای (هستهٔ زایشی و هستهٔ رویشی) می شوند.

۷. گرده افشانی، که به عبارت ساده، انتقال دانهٔ گرده از بساك به کلاله هست توسّط حشرات، باد و عوامل دیگر صورت می گیرد.

۸. بعد از گرده افشانی لولهٔ گرده از یکی از منافذ دانهٔ گرده خارج شده و از خامه به سمت کیسهٔ جنینی رشد می کند. در این زمان هستهٔ رویشی در رأس لوله باقی می ماند و هستهٔ زایشی قبل یا بعد از ورود به لولهٔ دانهٔ گرده تقسیم می شود و دو اسپرم بدون تاژك را ایجاد می کند.

۹. محتویات لولهٔ گرده، به درون کیسه جنینی تخلیه می شود. یک اسپرم با تخمزا ترکیب شده تخم اصلی تشکیل می دهد و اسپرم دیگر همزمان با هسته های قطبی ادغام شده و تولید تخم ضمیمه یا هستهٔ آلبومن ۳n را می کند.

۱۰. هستهٔ آلبومن به شکل میتوزی تقسیم شده و به بافت آلبومن مغذّی تبدیل می شود. آلبومن ممکن است بخش وسیعی از دانه را تشکیل دهد و یا ممکن است به وسیلهٔ جنین در حال رشد مصرف شود. هسته هایی که در لقاح شرکت ندارند به تحلیل می روند.

۱۱. بعضی گیاهان گلدار به علّت تغییراتی در حالات تشکیل جنین تولید آلبومن ۵n ، ۹n ، و یا ۱۵n را می نمایند.

۱۲. بعضی کتب برای سهولت در امر شناسایی گلها را براساس رنگ گروه بندی می کنند ولی چنین گروه بندی خویشاوندی طبیعی (یعنی خویشاوندی بر پایهٔ وراثت) را نشان نمی دهد. گیاه شناسان جدید سعی می کنند گیاهان را بطور طبیعی و بر مبنای شواهد و مدارك جمع آوری شده از منابع مختلف مانند شواهد فسیلی طبقه بندی نمایند. شواهد فسیلی پیشنهاد می کند که گیاهان گلدار ابتدا در ۱۶۰ میلیون سال قبل ظاهر شده اند.

۱۳. گیاهان گلدار ابتدایی برگهای ساده و اجزاء گل فراوان با نظم مارپیچی داشته اند و بین اجزا هیچ گونه اتّصالی وجود نداشته است. چنین گلهایی دارای پرچم و مادگی هردو بوده اند. آنها همچنین دارای تقارن شعاعی (می توان به وسیلهٔ بیش از یک صفحهٔ طولی آن را به دو نیمهٔ مساوی تقسیم کرد) بوده اند.

۱۴. روند تخصّصی و تکاملی که برروی گلهای اوّلیه صورت گرفته به این صورت است: کاهش در تعداد اجزای گل، اتّصال اجزای گل، پیدایش مادگی مرکّب از اتّصال چندین برچه، اتّصال نهنج به تخمدان بطوری که تخمدان را در بر گیرد (تخمدان پایینی در مقابل بالایی) و برخی با تخمدان نیمهٔ پایینی (حدّ واسط)، تقارن طرفی (فقط به وسیلهٔ یک صفحهٔ طولی می توان گل را به دو نیم مساوی تقسیم نمود)، و تک جنسی شدن گلها (گلها دارای یکی از دو اندام پرچم و مادگی).

۱۵. گونه های تک پایه دارای دو نوع گل نر و ماده برروی یک گیاه می باشند در حالی که در گونه های دو پایه گلهای نر و ماده روی پایه های مجزّا قرار دارند.

۱۶. رابطهٔ بین گرده افشانها و گیاهان گلدار در بعضی نمونه ها بسیار تخصّصی شده است.

۱۷. گلهایی که به وسیلهٔ زنبور گرده افشانی می شوند دارای طعم و عطر ملایمی هستند و غالباً رنگهای زرد و آبی دارند.

۱۸. گلهایی که توسّط سوسک گرده افشانی می شوند دارای رایحهٔ تند بوده و معمولاً رنگهای سفید یا گرفته و کم رنگ دارند.

۱۹. بعضی گلها که به وسیلهٔ مگس گرده افشانی می شوند دارای بوی نامطبوعی هستند.

۲۰. گلهایی که توسّط پروانه گرده افشانی می شوند به رنگهای سفید یا زرد هستند.

۲۱. گلهایی که به وسیلهٔ پرنده گرده افشانی می شوند معمولاً با رنگ قرمز روشن یا زرد بوده دارای شهد زیاد و عطر کمی هستند.

۲۲. دانه های گردهٔ بسیاری از ارکیده ها به صورت کیسه هایی بنام پلینی هستند که به حشرات می چسبد. گلهای بعضی گونه های ارکیده ها مکانیسمهای گرده افشانی عجیب و غریبی دارند (مانند غوطه ور شدن گرده افشان در مایع مترشّحهٔ گیاه).

۲۳. هرباریومها شبیه کتابخانه های گیاهان خشک و پرس شده می باشند بطوری که بتوان براحتی به گیاه خاصّی دست یافت. گیاهان پرس شده به صورت صحیح ممکن است صدها سال حفظ شوند.

۲۴. گیاهی که برای پرس آماده می شود قبلاً بایستی تمیز شده و خاك آن شسته شود، سپس گیاه درپرس بین صفحات روزنامه و کاغذهای جذب کنندهٔ رطوبت قرارداده می شود. بعدازآن که نمونه هاخشک وپرس شدندروی کاغذهای مرغوب ومخصوص هرباریوم نصب می گردند. بر چسبی حاوی اطّلاعات جمع آوری شده همراه باگیاه روی کاغذ هرباریوم چسبانده می شود.

۲۵. پرس کردن گیاه ممکن است دارای اهداف غیر علمی نظیر تهیهٔ کارهای هنری و برگهای یاد داشت تزیینیّ و غیره باشد. گلها را نیز می توان به صورت ۳ بعدی نگاهداری کرد. آنها را می توان در یک جعبهٔ محتوی موادّ خشک مانند شن، ژل سیلیس، بوراکس، یا آرد ذرّت خشک کرد. ولی مصرف هرکدام از موادّ مذکور اشکالاتی را نیز دارد،

۲۶. چون در حال حاضر تعداد بسیار زیادی از گلها کمیاب شده و یا در فهرست گیاهان در معرض نابودی قرار گرفته اند، جمع آوری کنندگان گیاهان باید سعی کنند که در آینده تا جایی که امکان داشته باشد کلکسیونهای خود را محدود به عکسهایی از گیاهان بنمایند.

پرسشهای یادآوری

۱. تفاوتهای اساسی بین نهان دانگان و بازدانگان چیست ؟

۲. عمل پوسته های تخمک (اینتگومنتها) چیست؟

۳. دانه های گردهٔ گیاهان گلدار، چگونه از دانه های گردهٔ درختان کاج متمایز می شوند؟

۴. همتای فعّال آرکگون در گل، چیست؟

۵. عمل آلبومن چیست و چگونه ایجاد می شود؟

۶. چه اختلافاتی بین کیسه جنینی هلو و سوسن وجود دارد؟

۷. فرق بین تقارن شعاعی و غیر شعاعی را مشخّص کنید.

۸. گلهای ابتدایی چگونه از گلهای پیشرفته متمایز می شوند؟

۹. بطور کلّی گلهایی را که به وسیلهٔ زنبور گرده افشانی می شوند چگونه می توان از گلهایی که توسّط سوسک، پروانه، مگس، پرنده گرده افشانی می شوند تشخیص داد؟

۱۰. هرباریوم چیست ؟

پرسشهای تشریحی

۱. بزرگترین گلهای دنیا روی گیاهان کوچک پارازیتی شبیه رشته های قارچ تولید می شوند. اگر گلها ظاهر نمی شدند آیا امکان داشت گیاه را از قارچ تشخیص داد؟ چگونه؟

۲. درغالب کیسه های جنینی تخم‌زا و هسته های قطبی تنها هسته های باقی مانده از هشت هسته که به تحلیل نمی روند، چه نتایجی حاصل می شد اگر مگاسپور خود به عنوان یک تخم زا عمل می کرد و هسته های دیگر کیسهٔ جنینی را تولید نمی کرد؟

۳. تنها یک دانهٔ گرده برای رشد یک تخمک و تبدیل آن به دانه دخالت دارد ولی یک گل ممکن است چندین هزار دانهٔ گرده تولید کند، آیا به نظر شما این تعداد فراوان دانهٔ گرده حقیقةً لازم است؟ چرا؟

۴. آیا مواردی مثل نام جمع کنندهٔ گیاه و تاریخ برای نمونه های هرباریوم اهمیّت دارد؟

۵. آیا واقعاً مهمّ است که گیاهان طبقه بندی شوند؟ آیا چه نتایجی حاصل می شد اگر این عمل صورت نمی گرفت؟

منابع اضافی

Bold, H. C., C. S. Alexopoulos, and T. Delevoryas. 1987. *Morphology of plants and fungi,* 5th ed. New York: Harper & Row, Publishers, Inc.

Condon, G. 1982. *The complete book of flower preservation,* rev. ed. Boulder, CO: Pruett Publishing Co.

Cronquist, A. 1979. *How to know the seed plants.* Dubuque, IA: Wm. C. Brown Publishers.

Cronquist, A. 1988. *The evolution and classification of the flowering plants,* 2d ed. New York: New York Botanical Garden.

Eames, A. J. 1977. *Morphology of the angiosperms* (reprint of 1961 ed.). Melbourne, FL: Krieger Publishing Co., Inc.

Faegri, K., and L. van der Pijl. 1972. *The principles of pollination ecology,* 2d ed. Elmsford, NY: Pergamon Press.

Geesink, R. 1981. *Thommer's analytical key to the families of flowering plants.* New York: State Mutual Book and Periodical Service.

Johri, B. M., ed. 1984. *Embryology of angiosperms.* New York: Springer Verlag.

Mathias, M. E., ed. 1982. *Flowering plants in the landscape.* Berkeley, CA: University of California Press.

Proctor, M., and P. Yeo. 1972. *The pollination of flowers.* New York: Taplinger Publishing Co.

Raven, P. H., R. F. Evert, and S. E. Eichhorn. 1986. *Biology of plants,* 4th ed. New York: Worth Publishers, Inc.

فصل بیستم و سوم ـ گیاهان گلدار و تمدّن

رؤوس مطالب

برخی اهداف فراگیری
نظر اجمالی
مقدّمه
منشأ گیاهان زراعی
مرکز چین
مرکز هندوستان
مرکز هند و مالایا
مرکز آسیای مرکزی
مرکز خاوز نزدیک
مرکز مدیترانه
مرکز اتیوپی
مرکز مکزیک جنوبی و آمریکای مرکزی
مرکز آمریکای جنوبی
مرکز شیلی
مرکز برزیل ـ پاراگوئه
خانواده های منتخب گیاهان گلدار
خانوادهٔ آلالگان (Ranunculaceae)
خانوادهٔ برگ بو (Lauraceae)
خانوادهٔ خشخاش (Papaveraceae)
خانوادهٔ خردل (Brassicaceae)
خانوادهٔ گل سرخ (Rosaceae)
خانوادهٔ حبوبات (Fabaceae)
خانوادهٔ فرفیون (Euphorbiaceae)
خانوادهٔ کاکتوس (Cactaceae)
خانوادهٔ نعناع (Lamiaceae)
خانوادهٔ تاجریزی (Solanaceae)
خانوادهٔ هویج (Apiaceae)
خانوادهٔ کدو (Cucurbitaceae)
خانوادهٔ آفتاب گردان (Asteraceae)
خانوادهٔ گندمیان (Poaceae)
خانوادهٔ سوسنیان (Liliaceae)
خانوادهٔ ثعلب (Orchidaceae)
خلاصه
پرسشهای یادآوری
پرسشهای تشریحی
منابع اضافی

سانگویی ناریا (Sanguinaria canadensis) در جنگلهای برگ ریز شرق

فصل بیست و سوم

گیاهان گلدار و تمدّن

برخی اهداف فراگیری

۱- ارائه دلائلی بر پایهٔ ارزیابی علمی روی بیش از یک نمونه
۲- فراگیری مراکز توزیع گیاهان زراعی و اویلف و شناسایی چندین گیاه در هر مرکز
۳- شناخت ویژگیهای ده خانواده از گیاهان گلدار
۴- درك خصوصیات مربوط به خانواده های ابتدایی
۵- آشنایی با ۵ گیاه مفید در خانواده های برگ بو، گل سرخ، حبوبات و فرفیون
۶- شناسایی گیاهان دارویی در خانواده های خشخاش و سیب زمینی
۷- طرح یک کلید سادهٔ اوّلیه برای ۵ خانواده از گیاهان گلدار

نظر اجمالی

این فصل با تفسیر بعضی از مشکلات مربوط به کاربردهای حقیقی و تصوّری گیاهان در گذشته شروع می شود. با بحث خلاصه ای از مراکز واویلف منشأ گیاهان زراعی و شرحی در مورد ۱۶ خانوادهٔ معروف گیاهان گلدار ادامه می یابد. اطّلاعات گوناگون در مورد خانواده ها که به ترتیب فیلوژنی به شرح زیر ارائه داده شد، شامل شرح خلاصهٔ ویژگیهای خانواده و کاربردهای گذشته و حال و یا در صورت امکان آینده می باشد:

آلالگان	(Ranunculaceae)	نعناع	(Lamiaceae)
برگ بو	(Lauraceae)	تاجریزی	(Solanaceae)
شقایق	(Papaveraceae)	هویج	(Apiaceae)
خردل	(Brassicaceae)	کدو	(Cucurbitaceae)
گل سرخ	(Rosaceae)	آفتاب گردان	(Asteraceae)
نخودیان	(Fabaceae)	گندمیان	(Poaceae)
فرفیون	(Euphorbiaceae)	سوسنیان	(Liliaceae)
کاکتوس	(Cacataceae)	ثعلب	(orchidaceae)

مقدّمه

یک گونهٔ از گیاهان معروف به پوکون pucoon در دشتهای خشک و شیب دار سرتاسر غرب ایالات متّحده و کلمبیای بریتانیا رویش می کند. دانه های این گیاه پوکون که گلهای زرد متمایل به سبز دارد به قدری سخت و سفت است که در نوادا و کالیفرنیا به «دانه سنگی» معروف می باشد.

گزارش شده که زنان بومی قبیلهٔ شوشونی در نوادا آب سرد دم کردهٔ ریشه های گیاه «دانه سنگی» را روزانه به مدّت ۶ ماه می نوشیدند تا از نازایی دایمی خود اطمینان حاصل کنند. یک زیست شناس بنام کلان فورد در مورد این گزارشها کنجکاو شده و عصارهٔ گیاهان سنگی را روی موشهای آزمایشگاهی امتحان نمود، او مشاهده کرد که عصارهٔ این گیاه بطور مؤثّری چرخهٔ جنسی موش را حذف نموده، وزن تخمدانها، تیموس و غدد جنسی کاهش می یابد.

اگرچه این نمونه گزارش از کاربرد گیاه توسّط بومیان آمریکاست که بطور تجربی نشان داده شده است و یک حقیقت قلمداد می شود لیکن فرق بین حقیقت و خرافات در گزارشهای کاربردی قدیمی گیاهان مشکل است، خصوصاً اگر گیاهان نادر بوده و یا بکلّی منقرض شده باشند. ولی این نوع از تحقیق امروزه مورد نیاز است. به راستی لازم است که ما منابع متراکم محصولات دارویی و دیگر محصولات مفید گیاهی را قبل از آن که بطور دایمی توسّط تراکتورها و دیگر نشانه های پیشرفت و تمدّن محو شوند، نجات دهیم. برخلاف فراوانی خرافات و رسوم اجدادی در ارتباط با کاربرد گیاهان به وسیلهٔ انسانهای اوّلیه و بومی، در مورد این که بعضی از درمانها و معالجات آنها مؤثّر بوده است، شکّی نیست. حتّی اگر دانشی از

دلایل علمی بر این نتایج نداشته اند. بطوری که قبلاً اشاره شد گیاه شناسانی که این واقعیت را درك کرده اند گروههایی از باستان شناسان، پزشکان و پژوهشگران بوده اند که با مردمان قبایل و دیگر مصرف کنندگان داروهای طبیعی در مناطق گرمسیری آمریکا و آفریقا گفتگو نموده اند. آنها قبل از این که خیلی دیرشود به میزان زیادی این اطّلاعات را جمع آوری و بررسی می کنند. اگر مطالعات آنها در آیندهٔ نزدیک منجر به کشفیات مفیدی نشود باعث شگفتی خواهد بود.

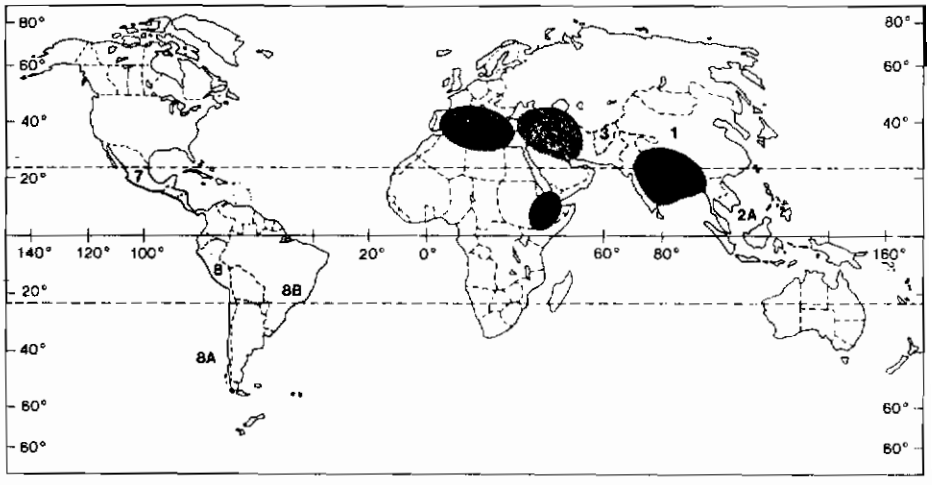
منشأ گیاهان زراعی

در سال ۱۸۲۲ گیاه شناس سوئدی (آلفونز دوکاندول)[1] کتابی تحت عنوان «منشأ گیاهان زراعی» منتشر کرد. بعد از جمع آوری اطّلاعات از منابع متنوّع، دوکاندول چنین استنباط کرد که گیاهان زراعی احتمالاً از نواحی که بستگان آنها به صورت وحشی می رویند منشأ دارند. در سال ۱۹۱۶، یعنی ۹۴ سال بعد از انتشار کتاب دوکاندول، گیاه شناس روسی (واویلف)[2] شروع به ادامهٔ تحقیقات دوکاندول کرد. بیست سال بعد، او نتایج دو کاندول را تکمیل و گسترش داد. واویلف در نتیجهٔ مطالعاتش متقاعد شد که اکثر گیاهان وحشی خویشاوندان گیاهان زراعی از آنها بطور قابل ملاحظه ای متفاوت هستند. او همچنین نتیجه گرفت که مراکز توزیع گیاهان زراعی را می توان به وسیلهٔ حضور ژنهای بارز (فصل ۱۳) توجیه نمود و ژنهای نهفته در حواشی مراکز توزیع ظاهر می گردند. واویلف بدین صورت ۸ مرکز گیاهان زراعی را مشخّص نمود که منشأ می باشند، وی نتیجه گرفت که بعضی از گیاهان از بیش از یک مرکز منشأ دارند. این مراکز (شکل ۱-۲۳). که برخی از آنها خود تقسیم می شوند به قرار زیر می باشند:

مرکز چین

مرکز چین (شمارهٔ ۱) نخستین مرکز مستقل می باشد که شامل نواحی کوهستانی زمینهای پست مجاور چین مرکزی و غربی است. گیاهان زراعی که احتمالاً از این ناحیه برخاسته اند شامل ارزن، سویا، و چند حبوبات دیگر، خیزران، تربچه، بادمجان، خیار، بعضی از مرکبّات. هلو، زردآلو، گردو، خرمالو، چای، برخی گونه های نیشکر، شاهدانه، و غیره می باشند.

1- Alphonse de Candolle 2- Vavilove



شکل ۱-۲۳ مراکز مهم و نقاط انتشار گیاهان زراعی

مرکز هندوستان

مرکز هند ازنظر اهمّیت (بعد از مرکز چین) در درجهٔ دوم قرار دارد (۲). این مرکز شامل برمه و هندوستان (بجز قسمت شمال غربی) می باشد. به عقیدهٔ واویلف گیاهان زراعی که از این مرکز برخاسته اند عبارتند از: برنج، سورگوم، مونگ و لوبیاهای دیگر، کدو، سیب زمینی، انبه، پرتقال و مرکّبات دیگر، نیشکر، سانسه وریا، فلفل سیاه، بادام هندی، هل، صمغ عربی، حنا، سنا، استرکنین، درخت کائوچو و بسیاری گیاهان دیگر.

مرکز هند ـ مالایا

مرکز هند ـ مالایا (۲A) شامل هندوچین، مالزی، جاوه، بورنئو، سوماترا و فیلیپین می شود. واویلف معتقد بود که خیزران بزرگ، زنجبیل، موز، درخت نان، درخت موم، نارگیل، قرنفل، درخت جوز هندی، شاهدانه و چندین میوهٔ مناطق گرمسیری از این ناحیه برخاسته است.

مرکز آسیای میانه

مرکز آسیای میانه (۳) شمال غربی هندوستان، افغانستان و حاشیهٔ اتحاد جماهیر

شوروی [سابق] را در بر می گیرد. عقیده براین است که گیاهانی نظیر گندم، چمن، عدس، خردل، پنبه، سیر، هویج، پیاز، ریحان، گلابی، بادام درختی، انگور، سیب و دیگر میوه ها و آجیلها از این ناحیه نشأت گرفته اند.

مرکز خاور نزدیک

مرکز خاور نزدیک (۴) تشکیل گردیده از بخش درونی آسیای صغیر، ایران، ترانس کاکازیا و ارتفاعات ترکمنستان، گیاهان نشأت گرفته از این منطقه عبارتند از؛ چندین گونه گندم، چاودار، جو، جو دوسر، یونجه، ماش، بادیان رومی، خشخاش، طالبی، کلم، کاهو، انجیر، انار و گیلاس.

مرکز مدیترانه

مرکز مدیترانه (۵) شامل نواحی حاشیهٔ دریای مدیترانه می باشد. گیاهان زراعی متعلّق به این منطقه عبارتند از واریته های: گندم، باقلا، لوبیا، شبدر، کتان، خردل سیاه، زیتون، چغندر، جعفری، تره فرنگی، پیاز کوهی، کلم پیچ، کرفس، هویج سفید، ریواس، زیره، آویشن، زونا، اسطوخودوس، پونه، جگن، روزماری، رازك، و شوفا.

مرکز اتیوپی

مرکز اتیوپی (۶) شامل اتیوپی و سومالی است. در میان گیاهان زراعی متعلّق به این منطقه، واریته هایی از گندم، کنجد، ترتیزك، قهوه، بامیه، انبه، نیل و شنبلیله قرار دارند.

مرکز مکزیك جنوبی و آمریکای مرکزی

مرکز مکزیک جنوبی و آمریکای مرکزی (۷) شامل مکزیک جنوبی، گواتمالا، السالوادر، هندوراس، نیکاراگوآ، و کاستاریکا می باشد. گیاهان زراعی متعلّق به این منطقه عبارتند از: ذرّت، لوبیای معمولی، باقلا، سیب زمینی شیرین، فلفل، بعضی واریته های پنبه، کاکتوس، خربوزهٔ درختی، بادام هندی، کاکائو (منبع شکلات) و گوجه فرنگی گیلاسی.

مرکز آمریکای جنوبی

آمریکای جنوبی (۸) شامل سر زمینهای مرتفع پرو، اکوادر، و بولیوی می باشد. گیاهان متعلّق به این منطقه عبارتند از چندین گونه سیب زمینی (بجز سیب زمینی سفید معمولی ایرلندی)، گوجه فرنگی، کدو، گل جعفری، گیاه کوکایین، پنبهٔ مصری، توتون، و گنه گنه.

مرکز شیلی

مرکز شیلی (A ۸) منحصر به یک جزیرهٔ محدود در نزدیکی سواحل جنوبی شیلی است. گیاهان برخاسته از این منطقه عبارتند از: سیب زمینی معمولی سفید ایرلندی، و توت فرنگی.

مرکز برزیل ـ پاراگونه

مرکز برزیل پاراگوئه (B ۸) شامل برزیل و پاراگوئه می شود. برخلاف تنوّع زیاد گونه های گیاهی این منطقه تعداد ناچیزی گیاهان زراعی از آنجا برخاسته است. بعضی گیاهان عبارتند از: مانیوك (منبع کاساوا)، بادام زمینی، آناناس، فندق برزیلی، درخت لاستیک.

هریک از این مراکز به وسیلهٔ سلسلهٔ کوهها، بیابانها یا اقیانوسها، از هم جدا می شوند و مجموعاً ۳ درصد سرزمینهای خشکی را تشکیل می دهند. توسعهٔ کشاورزی ظاهراً در هر مرکز بطور مستقلی صورت گرفته است. مردم بومی ابتدا در خصوص گیاهان متنوّع و بومی خود تحقیق کردند و زمانی که گیاهان دیگر معرّفی شدند از آنها استفاده نمودند. در سال ۱۹۹۰ خیلی کمتراز یک درصد بیش از ۲۴۰۰۰۰ گونه گیاهان گلدار شناخته شده به صورت گیاهان زراعی مطرح بودند.

خانواده های برگزیدهٔ گیاهان گلدار

آنچه متعاقباً مطرح می شود یک بررسی اجمالی از خانواده های گیاهی معروف است. ما نه تنها به کاربردهای گذشته آنها اشاره خواهیم کرد بلکه استفاده های ممکن از آنها در آینده را نیز مطرح خواهیم نمود. این بررسی همراه با یادداشتهای زیستی و مشاهدات مختلف دیگر خواهد بود. به خواننده توصیه می شود که در مورد استفاده از آنها حتّی اگر در گذشته به عنوان دارو

در پزشکی مطرح بوده اند و هیچ گونه ضرری نداشته اند جانب احتیاط را رعایت نموده و از آزمایش با آنها خودداری کنند.

بیش از ۳۰۰ خانواده گیاهان گلدار تا به امروز شناسایی شده است. ثابت گردیده که گلها و میوه ها، از برگها و دیگر اجزا و اندامهای رویشی از لحاظ وراثت با اطمینان تر هستند. بنابراین، خانواده های گیاهان گلدار اساساً بر مبنای بخشهای گل و میوه متمایز می شوند. بعضی خانواده ها شامل فقط تعداد انگشت شماری گونه هستند؛ در حالی که بعضی دیگر بسیار بزرگند بطوری که اعضای آنها تا هزاران عدد می رسد. فرصت ما در این جا تنها اجازه می دهد که به ذکر خلاصه ای از تعداد قلیلی خانواده های شناخته شده و بزرگ بپردازیم و خواننده جهت کسب اطّلاعات بیشتر بایستی به منابع دیگر رجوع نماید. خانواده های مطرح شده کم و بیش به ترتیب فیلوژنی تنظیم شده اند. شروع با آنهایی است که ساختار گل آنها ابتدایی بوده و ادامه به سمت گیاهانی است که دارای گلهای تخصیص یافته می باشند. گلهای ابتدایی تمایل دارند اجزای فراوان و بدون اتّصال با تخمدان بالایی داشته باشند. در گلهای تخصیص یافته بخشهای گل کاهش یافته و اغلب به هم اتّصال دارند و تخمدان پایینی است (به شکل ۹-۲۲ و توضیحات آن در متن رجوع شود).

در زیر یک کلید راهنمای اختصاری برای شناسایی خانواده های مورد بحث ارائه می شود:

۱. گلها با اجزا : ۴ یا ۵ یا مضرب آن دانه ها با دو لپّه (دو لپّه ایها)
۲. گل برگها از یکدیگر مجزّا هستند، و یا حضور ندارند
۳. گل برگها حضور دارند

	خانوادهٔ
۴. پرچمها بیشتر از ۲ برابر گل برگها	
۵. پرچمها، گل برگها و کاسبرگها در اطراف و حاشیهٔ پیاله مانند	
۱ یا چند مادگی	گل سرخ
۵. پرچمها، گل برگها و کاسبرگها بدون اتّصال به بخش پیاله مانند	
۶. یک یا چند مادگی در هر گل	آلاله گان
۶. یک مادگی در گل	
۷. تخمدان بالایی	شقایق
۷. تخمدان پایینی	کاکتوس

۴ . پرچمها کمتر از دو برابر گل برگها

۸ . گیاهان علفی بالا رونده، میوهٔ پپو کدوییان

۸ . گیاهان علفی، بوته ای یا درختی، میوهٔ بجز پپو

۹ . میوهٔ نیام نخودیان

۹ . میوهٔ بجز نیام

۱۰ . میوهٔ خورجین یا خورجینک چلیپاییان

۱۰ . میوهٔ بجز خورجین و خورجینک

۱۱ . تخمدان بالایی، ساقه در مقطع عرضی

چهارگوش، میوهٔ ۴ فندقه نعناعیان

۱۱ . تخمدان پایینی، ساقهٔ مدّور میوه بجز ۴ فندقه

۱۲ . گل آذین مرکّب از چندین گلچه روی

نهنج واحد گل آفتاب گردان

۱۲ . گل آذین چتر هرگل با نهج اختصاصی چتریان

۳ . گل برگها حضور ندارند، کاسه گل گاهی گل برگ مانند

۱۳ . تخمدان ۳ برچه ای روی ژینوفور

بالا آمده، بساك با شکاف طولی فرفیون

۱۳ . تخمدان یک برچه ای فاقد ژینوفور

بساکها از طریق درب شکوفا برگ بو

۲ . گل برگهای پیوسته تاجریزی

۱ . گلها با اجزای ۳ یا مضرب آن، دانه ها دارای (تک لپّه ایها)

۱۴ . گلها نا آشکار، فاقد گل برگ و

کاسبرگ گندمیان

۱۴ . گلها آشکار، گل برگها و کاسبرگها همرنگ

۱۵ . تخمدان بالایی، گل برگها همه

یکسان سوسنیان

۱۵ . تخمدان پایینی، یک گل برگ

متفاوت از ۲ گل برگ دیگر ثعلب

خانوادهٔ آلالگان (Ranunculaceae)

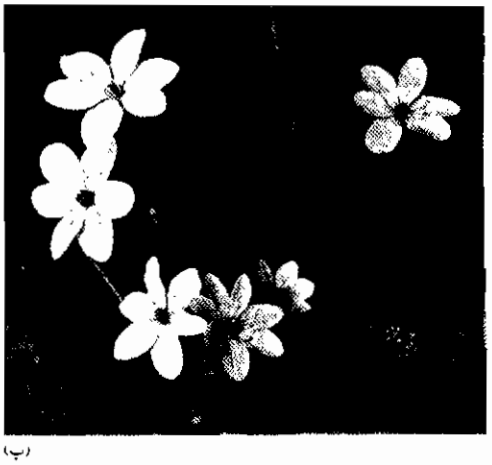
گلهای خانوادهٔ آلاله، تعداد زیادی پرچم و مادگی دارند و گل برگهای آنها اغلب به تعداد ثابتی نیست. تخمدان بالایی است (شکل ۲-۲۳). اکثر تقریباً ۱۵۰۰ گونه موجود در نواحی معتدلهٔ شمالی و مناطق قطبی متمرکزند و غالباً علفی می باشند، برگها اغلب تقسیم شده، فاقد گوشواره، و دارای دم برگی است که در انتها تا حدودی پهن می شود. تعدادی نمونه های معروف زینتی هستند (شکل ۳-۲۳) که شامل آلاله، تاج الملوك، زبان در قفا، شقایق نعمانی، آقونیطون، و کلماتیس می باشند.

تاج الملوك که یک گونه از آن، گل سمبل ایالت کلورادو است نام خود را از واژهٔ لاتین به معنی قمری گرفته است. این نام به ظاهر تا اندازه‌ای به شکل قمری هریک گل برگهای ۵ تایی و مهمیزدارش بر می گردد. بومیان آمریکایی از جوشاندن ریشه های تاج الملوك چای جهت کنترل اسهال درست می کردند. حدّاقل ۲ قبیله باور داشتند که دانه های تاج الملوك برای تقویت نیروی جنسی مفیدند. آنها دانه ها را ساییده به کف دست خود می مالیدند و سپس سعی می کردند با خانمی که برگزیده اند دست بدهند. بعضی دیگر دانه ها را خُرد کرده مرطوب می نمودند و برای دفع شپش آنها را بر فرق سر خود قرار می دادند.

شکل ۲-۲۳ یك گل آلاله

(الف)

(ب)



(پ)

شکل ۳-۲۲ برگزیده‌هایی از خانوادهٔ آلاله‌گان : الف ـ تاج‌الملوك . ب ـ اکونیت . پ ـ هپاتیکا

بیشتر گیاهان خانواده حدّاقل کمی سمّی هستند ولی برگهای پختهٔ کالتا برای مصرف غذایی استفاده می شده است همچنین ریشه های کاملاً پختهٔ آلالهٔ پیازدار اروپایی خوراك محسوب می شد؛ ولی در حالت طبیعی این گیاه ممکن است روی پوست افراد حسّاس تاول ایجاد نماید. گزارش شده است که دراویش شرقی عمداً روی پوست خود شیرهٔ آلاله می مالیدند تا تاول ایجاد نماید که هنگام گدایی حالت رقّت انگیزی داشته باشند. بومیان غرب آمریکا فندقه های آلاله را جمع آوری کرده برشته و در تهیّهٔ نان استفاده می کردند. عدّه ای از گل برگهای آلاله، رنگ درست می کردند. سرخ پوستان کاروك از سته های زبان در قفا و نوعی زرشک رنگی آبی جهت نیزه هایشان درست می کردند.

هیدراس تیس (*Hydrastis*) گیاهی است که زمانی در جنگلهای معتدلهٔ شرق آمریکای شمالی فراوان بود ولی اکنون در محلهای طبیعی خود به علّت جمع آوری بی رحمانه توسّط دلالان گیاه کاملاً نابود شده است. آنها ریشه های گیاه را جهت کاربردهای دارویی زیادی مانند درمان سوزش گلو، بیماریهای پوستی، و زخم چشم می فروختند. حدّاقل یک قبیلهٔ بومی آمریکا ریشه های آسیاب شده را با چربی حیوانی مخلوط کرده، به منظور دفع حشرات آنها را برروی پوست می مالیدند. گیاه دیگری از خانوادهٔ آلاله گان بنام آقونیطون ترکیب دارویی بنام آقونیط تولید می کند که در درمان روماتیسم و ناراحتیهای عصبی مورد استفاده قرار می گیرد. اگرچه این گیاه به عنوان گیاه زینتی طرفدار دارد لیکن سمّی می باشد. چند ساعت پس از مصرف هر قسمت گیاه، مرگ عارض می شود. گلهای اکثر گونه های اقونیطون به رنگ ارغوانی تا آبی و سبز می باشد لیکن یک گونهٔ آسیایی آن دارای گلهای زردرنگ و بنام «گرگ کش» معروف است. شکارچیان در گذشته عصاره ای از ریشهٔ آن به دست می آوردند که برای مسموم کردن حیوانات استفاده می کردند.

خانوادهٔ برگ بو (Lauracea)

خانوادهٔ برگ بو نیز یک خانوادهٔ ابتدایی محسوب می شود. گلهای آن فاقد گل برگند ولی کاسبرگ آن گاهی گل برگ مانند هستند. پرچمها که در ۳ یا ۴ چرخهٔ ۳ تایی قرار دارند عجیب هستند زیرا بساکهای آنها ازطریق پرده هایی که بالا می رود باز می شوند. تخمدان بالایی. اکثر ۱۰۰۰ گونهٔ تقریبی خانواده از درختان و بوته های همیشه سبز گرمسیری هستند و تعدادی دارای برگهای معطّرند. خانواده، نامش را از برگ بوی معروف که قرنها در اروپا کشت می شده

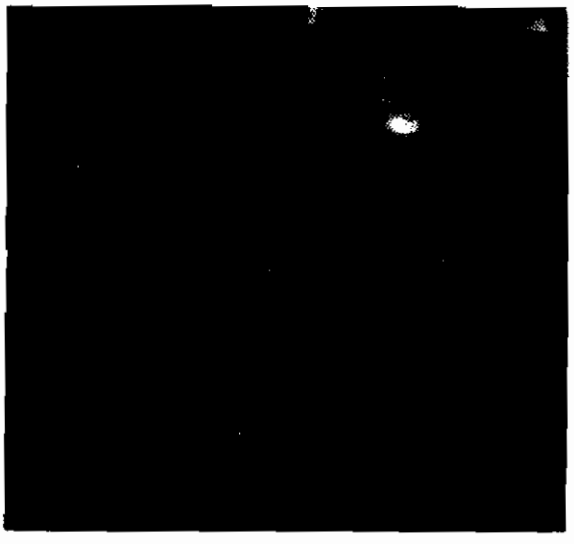
گرفته است. برگهای همیشه سبز آن به وسیلهٔ یونانیان باستان در هنگام جایزه گیری قهرمانان در رویدادهای ورزشی و بعدها برای مراسم اعطای افتخارات علمی استفاده می شده است.

چندین ادویّهٔ مهم از گیاهان این خانواده درست می شود. پودر دارچین از پوست خُرد شدهٔ یک درخت کوچک بومی هندوستان و سریلانکا به دست می آید، گرچه در نقاط دیگر به صورت تجاری کشت می شود. کاسیا که با دارچین مشابه است غالباً به عنوان جانشین دارچین به فروش می رسد، روغن دارچین محصول تقطیر برگهای جوان درختان است. کاربرد دارچین و درختان مشابه، بر هزاران سال پیش بر می گردد. آنها از زمان حضرت موسی (ع) در عطرها و روغنهای پماد به کار می رفتند. شواهد دیگری مبنی بر استفادهٔ آنها در مصر باستان به حدّاقل ۳۵۰۰ سال پیش می رسد.

کافور عضو دیگری از خانوادهٔ برگ بو بوده که از قرون باستان مورد استفاده داشته است. این درخت همیشه سبز که بومی چین، ژاپن، و تایوان می باشد منبع اصلی وجود کافور است که هنوز امروزه در داروهای سرد و استنشاقی، حشره کشها و عطرها استفاده می شود. اسانس آن از عرق گیری خُرده چوبها به دست می آید. به علّت تونایی اش در تحمّل دود و آلودگی هوا، کافور به عنوان یک درخت خیابان و پارك در شهرهای کوچک و بزرگ مورد توجّه است و در نواحی با آب و هوای ملایم ایالات متّحده کشت می شود. درختان ساسافراس که بومی شرق ایالات متّحده و آسیای شرقی هستند، همچنین چوب معطّر ادویه ای دارند. یک چاشنی که به وفور در خمیر دندانها، آدامسها، محلولهای شستشوی دهان و نوشابه هایی از تقطیر قطعات چوب تنهٔ درخت به دست می آید. چای ساسافراس هنوز یک نوشیدنی نشاط آور محسوب می شود. در گذشته نیز به وسیلهٔ پزشکان روستایی جهت درمان فشار خون و کاهش قند در اشخاص با عفونتهای تنفّسی مورد استفاده قرار می گرفت. گزارشها نشان می دهد که در مقیاس زیاد اثر تخدیر دارد. ساسافراس همچنین در تهیّهٔ یک نوع مشروب خانگی استفاده می شده است. در ایالات جنوبی آمریکا از اضافه نمودن ملاس به ساقه های ساسافراس در حال جوش و پس از تخمیر، یک مشروب الکلی تهیّه می شد. در لویی زیانای آمریکا پودر برگهای ساسافراس (بنام فیله) به عنوان عامل سخت کننده و ادویّه در خوراك مخصوصی بنام گومبو مورد استفاده دارد.

یک چاشنی مخصوص بنام سویت بی به عنوان عامل مطبوع کنندهٔ سُسها، سوپها، و غذاهای گوشتی از برگ بو به دست می آید. برگ بوی مخصوص کالیفرنیایی (شکل ۴-۲۳)

گاهی به عنوان جانشین سویت بی مورد استفاده قرار می گیرد، برای تهیّهٔ حلقهٔ گل کریسمس نیز مورد استفاده دارد و پراکنش طبیعی این درخت کالیفرنیایی در جنوب غربی ارگان جایی موسوم به میرتل می باشد. چوب درخت که سخت است جلا داده می شود و برای ساخت انواع کاسه، زینت آلات، و کالاهای کوچک چوبی مورد استفاده قرار می گیرد.



شکل ۴-۲۳ میوه و برگهای اومبلولاریا

مهاجرین اوّلیه که در غرب آمریکا ساکن شدند و بومیان از درخت بوی کالیفرنیایی به طرق مختلف استفاده می کردند. یک محلول برای گرفتن حمام برای درمان روماتیسم به وسیلهٔ اضافه نمودن مقادیری برگ به آب گرم تهیّه می شد. میوه های فندق مانند (شفتک) برشته شده و در خوراکهای زمستانی استفاده می شدند. یک برگ در زیر کلاه و روی سر قرار داده می شد برای مداوای سردرد (ولی حتّی یک قطعهٔ کوچک برگ اگر در نزدیک سوراخهای بینی قرار داده شود می تواند ایجاد سردرد فوری بکند). برای دفع شپشها تعدادی برگ در بالای آرد یا غلاّت یا درون یک قوطی قرار داده می شد. شاخه های کوتاه درون آشیانهٔ پرندگان قرار داده می شد جهت دفع کک و شپش پرندگان و به عنوان دفع پشه یک یا دو برگ روی پوست مالیده می شد.

آووکادو نیز از گیاهان خانوادهٔ برگ‌بو هست. میوهٔ آن به مقدار فراوانی حتّی بیشتر از گوشت قرمز به تناسب وزن انرژی دارد و غنی از ویتامینها و آهن می باشد.

خانوادهٔ شقایق (Papaveraceae)

گیاهان خانوادهٔ شقایق (خشخاش) اکثراً علفی بوده و در سراسر مناطق معتدله و نیمه گرمسیری شمال خط استوا پراکنده‌اند، ولی چندین نمونه در نیم کرهٔ جنوبی نیز وجود دارد و تعدادی به عنوان گلهای زینتی کشت می شوند. شقایقها مشابه آلاله تمایل دارند پرچمهای فراوان داشته باشند ولی بیشتر آنها یک مادگی منفرد دارند (شکل ۵-۲۳). همچنین اکثراً شیرابه تیره و یا رنگی دارند و کاسه برگهایشان معمولاً در زمانی که گلها باز می شوند، می افتند. کلّیهٔ گیاهان این خانوادهٔ تولید مواد دارویی می کنند.

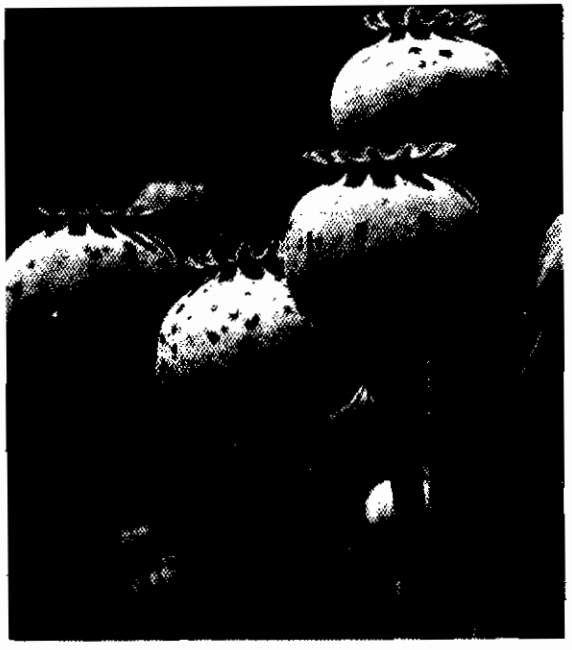
شکل ۵-۲۳ گل خشخاش خاردار

یک گیاه گلدار زیبایی در اوایل بهار در جنگلهای برگ‌ریز شرق آمریکای شمالی «ریشهٔ سرخ» نامیده می شود؛ و این به علّت شیرهٔ قرمز رنگی است که در ریزوم خود تولید می کند.

این شیره به وسیلهٔ بعضی بومیان آمریکا به عنوان رنگ صورت، دافع حشره و معالج کرمهای حلقوی استفاده می شود. پس بچّه های امروزه هنوز هم ناخنهایشان را با آن رنگ می کنند. زمانی که مقادیر کمی از آنها خورده می شود طعم بسیار تلخی دارد. ویژگی اخیر، آن را برای کاهش حالات تهوّع مؤثّر می کند. اعضای یک طایفه، مزهٔ تلخ آن را به وسیلهٔ فشردن میوه ها بر روی چوب افرا خنثی می کردند بطوری که می توانستند آن را برای کاهش گلودرد درون دهان بگذارند.

خشخاشهای تریاك در جوامع گذشته و حال تأثیر زیادی داشته است. تریاك به وسیلهٔ دیوسکورید در قرن اوّل میلادی شرح داده شد و در کتابهای پزشکی آشوری باستان به تریاك و خشخاش ارجاع داده می شود. کشیدن تریاك که زمان آن به اندازهٔ استفادهٔ دارویی آن نمی رسد در قرن هفدهم مسألهٔ بزرگی را در چین ایجاد نمود. کشیدن تریاك در سالهای اخیر به صورتهای دیگری تبدیل شده است. این مادّه در اصل ازطریق ایجاد شکافهای کوچکی در کپسول خشخاش به دست می آید (شکل ۶-۲۳). تریاك خام به صورت شیرهٔ سفید رنگی که از شکافها تراوش نموده است برداشت می شود. این مادّه در حقیقت دو دارو محسوب می شود: یک گروه محتوی موادّ مخدّر و داروهای اعتیادآور مورفین و کودیین است که به علّت کاربرد دارویی به عنوان کُشندهٔ درد و متوقّف کنندهٔ سرفه در سطح جهانی معروف است. گروه دیگر که مخدر و اعتیادآور نیستند شامل پاپاورین که در درمان بیماریهای گردش خون استفاده می شود و نوسکاپین است که به عنوان جانشینی برای کودیین به کار می رود به علّت عملکرد مشابه آن در درمان سرفه بدون داشتن عوارض جانبی.

هروئین که جراحتی بر جوامع بشری امروزه محسوب می شود مشتق از مورفین است. هروئین ۴ تا ۸ برابر قویتر از مورفین در تسکین درد است. کمتر از ۱۰۰ سال پیش در ایالات متّحده برای درمان سرفه تبلیغ و فروخته می شد. تا دههٔ ۱۹۸۰ تخمین زده شده که ۷۵ درصد از معتادان آمریکایی از هروئین استفاده می کردند. ولی از آن زمان به بعد کوکائین مصرفش بسیار فزونتر از هروئین شده است. زیانهای وارده به جوامع بشری در مورد تأثیرات اقتصادی، جسمانی، و اخلاقی بسیار زیاد است، چون معتادان به کرّات برای دریافت وجه مورد نیاز برای تهیّهٔ موادّ خود (که غالباً بیش از ۲۰۰ دلار در روز خرج دارد) مرتکب جنایات شدیدی می شوند.



شکل ۶-۲۳ کپسولهای نابالغ تریاك که تیغ زده شده به شیرابهٔ مترشّحه از محل تیغ خوردگی توجّه نمایید.

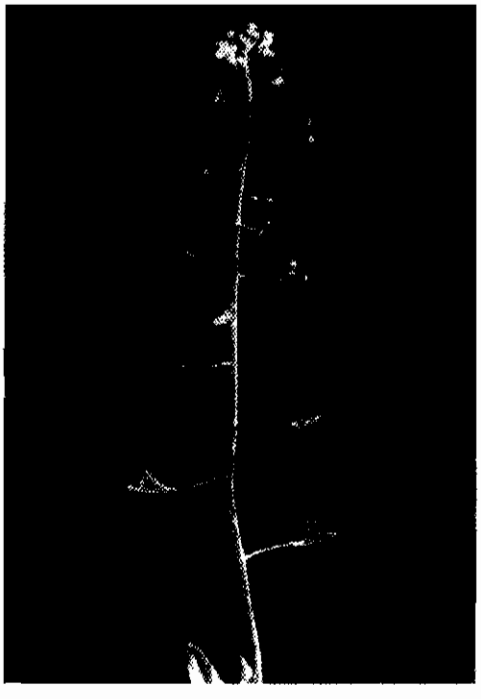
دانه های خشخاش تریاك عملاً محتوی هیچ تریاکی نیست و بطور وسیع در صنایع شیرینی پزی به عنوان چاشنی استفاده می شود. دانه ها همچنین دارای ۵ درصد روغن خوراکی است که در صنایع کره سازی و شیرینی پزی کاربرد دارد. نوع دیگر روغن حاصل از دانه ها که بعداز روغن خوراکی استخراج می شود، در صابونها و رنگها به کار می رود.

خانوادهٔ خردل (Brassicaceae)

نام اوّلیهٔ خانوادهٔ خردل که امروزه نیز به فراوانی استفاده می شود چلیپاییان (Cruciferae) بوده است. برحسب این نام ۴ گل برگ منظّم تشکیل صلیبی (چلیپا) را می دهند. گلها همچنین واجد ۴ کاسبرگ، ۴ غدّهٔ شهدی و ۶ پرچم می باشند که دو عدد آنها کوتاهتر از ۴ تای دیگر است. تمام گیاهان این خانواده، تولید میوه های خورجین یا خورجینک را می کنند (شکل ۱۷-۸). چنین میوه هایی از ویژگی منحصر به فرد این خانواده می باشد. تمام

۲۵۰۰ گونهٔ موجود در خانوادهٔ خردل تولید شیرابهٔ تندی را می کنند و تقریباً تماماً علفی بوده و در سرتاسر مناطق معتدله و خنک نیم کرهٔ شمالی پراکنده اند.

تعدادی گیاه خوراکی در خانوادهٔ خردل مشاهده می شود. بعضی از آنها بخصوص در آب و هوای خنکتر نواحی معتدله به فراوانی کشت می شوند. چنین گیاهانی شامل کلم، کلم گل، کلم بروکسل، کلم جوانه ای، تربچه، کلم قمری، شلغم، ترب، و شاهی و غیره است. بعضی از علفهای هرز نیز خوراکی می باشند. به عنوان مثال، برگهای کیسه کشیش (شکل ۷-۳۳) را می توان پخت و مشابه کلم مصرف کرد و دانه های آن در تهیّه آرد استفاده می شوند. گیاهان وحشی خوراکی دیگر عبارتند از چندین گونه شاهی، گونه هایی از کاکیل (*Cakile sp*) و دنتاریا (Dentaria sp.) و خردل وحشی. خردل وحشی در بین گیاهان زراعی یک علف هرز مشکل زا می باشد. برگهای این گیاه گاهی به عنوان سبزیجات در فروشگاهها، به فروش می رسد.



شکل ۷-۲۳ کیسه کشیش

دانه های خردل وحشی، کیسه کشیش و چندین عضو دیگر این خانواده هنگامی که مرطوب شوند یک مادّهٔ موسیلاژی چسبناکی را تولید می کنند. زیست شناسان دانشگاه کالیفرنیا در ریورساید کاربرد جدیدی را برای این دانه ها کشف کردند. آنها به لاروهای پشه هایی که روی آنها برای تحقیقات کنترل پشه کار می کردند یونجهٔ گلوله شده غذای خرگوشها را می دادند. متوجّه شدند که لاروها مجبورند برای تنفّس در فواصل زمانی کوتاهی بالا بیایند و یا اغلب به گلوله ها چسبیده و خفه می شدند. محقّقین کنجکاو شدند و گلوله های یونجه را زیر میکروسکپ مشاهده نمودند و دریافتند که دارای دانه های خردل می باشند. سپس معلوم شد که در محدودهٔ پرورش یونجه گیاهان خردل می رویند. دانشمندان سپس سعی کردند برای از بین بردن دانه های خردل آنها را گرم کنند ولی متوجّه شدند که این امر محصولات موسیلاژی دانه ها را تغییر نمی دهد و دانه ها وقتی تر می شوند موادّ موسیلاژی تولید می کنند. محاسبه شد که ۰٫۴۵ کیلوگرم از این دانه ها می تواند ۲۵۰۰۰ لارو پشه را نابود کند. تعدادی این دانه ها را اکنون در مقیاسهای کوچکتری برای کشتن پشه ها به کار می برند. آزمایشاتی اکنون در شرف انجام است تا مشخّص شود آیا دانه ها را که آلودگی محیطی ایجاد نمی کنند می توان در مقیاس بزرگی تولید کرد تا به جای حشره کشها مورد استفاده قرار گیرند.

بومیان آمریکا دانه های ریز چندین گیاه این خانواده را با دانه های غلات دیگر جهت تهیّهٔ آرد نان و فرنی مخلوط می کردند. برای جلوگیری و کاهش آفتاب سوختگی، سرخ پوستان زونی بر روی پوست خود مایعی از شب بوی زرد غربی را قرار می دادند. شاهی که به عنوان یک گیاه سالادی معروف است چندین کاربرد دارویی نیز دارد. برای مثال در قرن اوّل میلادی، پلینی فهرستی بیش از ۴۰ کاربرد دارویی آن تهیّه کرد. بومیان آمریکایی سواحل غرب ایالات متّحده درد کبد را با رژیمی حاوی مقادیر زیادی شاهی به عنوان صبحانه، و پرهیز از هرگونه غذایی تا ظهر و سپس از سرگیری رژیم معمولی فاقد نوشابه الکلی در باقی ماندهٔ روز، درمان می کردند. این رژیم ادامه می یافت تا بیماری، چنانچه قابل علاج بود، مداوا می شد.

وسمه (Isatis tinctoria) یک گیاه اروپایی که در بخشهایی از آمریکا رویش می کند، منبع رنگ آبی است که برای علامت گذاری بدن به وسیلهٔ نژاد انگلوساکسن استفاده می شده است. گیاه دیگر این خانواده بنام کاملینا در هلند به خاطر روغنی که از دانه های آن گرفته می شود

پرورش می یابد. روغن کاملینا در صابونها کاربرد داشته و زمانی به عنوان المنت لامپها به کار می رفت.

خانوادهٔ گل سرخ Rosaceae

خانوادهٔ گل سرخ تعداد زیادی درخت، بوته، و گیاه علفی را در بر می گیرد و در سراسر دنیا پراکنده است. گلها دارای اجزای متّصل در پایه به صورت پیاله هستند و گل برگها، کاسبرگها و پرچمهای فراوان آنها به حاشیه ها و لبهٔ پیاله متّصل است (شکل ۸-۲۳). بیش از ۳۰۰۰ گونه این خانواده براساس ساختمان گل و میوه به زیر خانواده ها تقسیم می شوند. گلهای یک گروه دارای تخمدان و میوهٔ پوم (سیب) هستند، (شکل ۱۱-۸). گلهای گروه دیگر تخمدانهایی دارند که بالایی یا تا حدودی پایینی است و تولید میوه های گرز، فندقه، شفت یا شفتکهای خوشه ای می کنند.

شکل ۸-۲۳ یك گل سرخ

با حجم زیادی از محصولات میوه های هسته دار (مانند گیلاس، زردآلو، هلو، آلو)، و میوه های پوم (سیب و گلابی) و میوه های مجتمع (شکل ۱۲-۸) مانند توت فرنگی، شاه توت، تمشک، که سالانه در مناطق معتدل دنیا به دست می آید اهمیّت اقتصادی گیاهان خانوادهٔ گل سرخ بسیار زیاد می باشد.

در هر صورت گیاهان این خانواده در گذشته به صورتهای مختلفی با انسانها ارتباط داشته اند و این ارتباط هنوز ادامه دارد. به عنوان مثال گلهای سرخ برای قرنها برای باغبانان جهت آرایش و زینت باغها مورد توجّه بوده و رایحهٔ مطبوع بعضی از آنها برای بسیاری لذّت بخش می باشد. در بلغارستان و کشورهای همسایهٔ آن صنعت عطرسازی بزرگی در جهت تولید یک روغن عطر بنام عَطَر (اُطو) از گلهای سرخ توسعه یافته است (شکل ۹-۲۳). در درّه‌ای نزدیک صوفیه بیش از ۲۰۰۰۰۰ نفر با این صنعت در ارتباطند و محصولات آنها در دههٔ ۱۹۷۰ بیش از ۲۲۰۰ دلار به ازای هر کیلوگرم ارزش داشت. مقدار قابل توجّهی از روغن با موادّ ارزانتر در عطرسازی مخلوط می شوند. گزارش شده است که کارکنان عطرسازی کمتر مبتلا به بیماریهای تنفّسی می شوند، بنابراین پیشنهاد شده که خواصّ دارویی آن به عصارهٔ گلها بر می گردد.

شکل ۹-۲۳ چیدن گل سرخ در بلغارستان جهت استفاده در عطرسازی

میوه های گل سرخ وحشی بنام «هیپ» (شکل ۱۰-۲۳) بطور استثنایی مملو از ویتامین C است. در حقیقت آنها ممکن است بیش از ۶۰ برابر مرکّبات ویتامین C داشته باشند. بومیان آمریکا در سراسر آمریکا هیپ را در رژیم غذایی منظور می کردند (بجز قبیله کلمبیای بریتانیایی که معتقد بودند باعث خارش نشیمنگاه می شود). عقیده براین است که به این علّت بیماری اسکوربوت برای آنها ناشناخته بود. در طیّ جنگ جهانی دوم هنگامی که منابع غذایی در بعضی

کشورهای اروپایی کمیاب شد مخصوصاً کودکان توسّط هیپ گل سرخ در رژیم غذاییشان سالم نگاهداشته می شدند. هیپ همچنین علاوه بر ویتامین C محتوی مقدار قابل توجّهی آهن، کلسیم و فسفر می باشد. امروزه بسیاری از اروپاییان از «نیپون سوپا» یک پورهٔ سفت و شیرین هیپ گل سرخ برای رفع سرماخوردگی و آنفلوانزا استفاده می کنند.

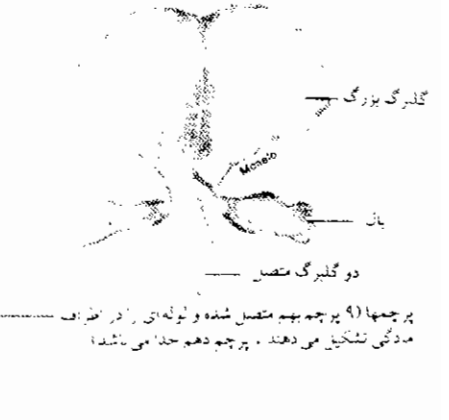
شکل ۱۰-۲۳ میوه‌های بالغ گل سرخ

زنان یک قبیلهٔ بومی در غرب آمریکا بعد از زایمان، شیرهٔ آلبالو وحشی را برای جلوگیری از خون ریزی می نوشیدند. قبایل دیگر به کرّات ازریشه های توت سیاه برای کنترل اسهال استفاده و چای درست می کردند. گزارش شده است که یک بار ۵۰۰ سرخ پوست اونیدی اسهال خودرا با استفاده از چای ریشهٔ توت سیاه معالجه کردند در صورتی که مهاجرین سفید پوست در همسایگی آنها به علّت همین بیماری هلاك شدند. مردان قبیله های خاصّی از نی گل سرخهای مسنتر جهت تهیّهٔ میلهٔ نیزه استفاده می گردند (احتمالاً بعد ازجدا کردن تیغها). توت سیاه وحشی و تمشک وحشی و تونهای وحشی دیگر و توت فرنگی

تماماً خوراکهایی را برای بومیان آمریکا و مهاجرین اوّلیه تشکیل می داده اند، امروزه هنوز هم به صورت تازه و یا در کلوچه های میوه دار و به شکل مربّا و ژله مصرف می شوند. چاشنی مخصوص توت سیاه هنوز هم برای رفع گرما زدگی تابستانی در لوییزیانای جنوبی مورد توجّه است. بعضی معتقدند که توت فرنگی وحشی از واریته های کشت شده آن به مراتب طعم بهتری دارند.

خانوادهٔ حبوبات: Fabaceae

خانوادهٔ حبوبات، سومین خانوادهٔ بزرگ از حدود ۳۰۰ خانوادهٔ گیاهان گلدار است که ازنظر تعداد گونه، تنها بعد از خانواده های آفتاب گردان و ارکیده قرار می گیرد. سیزده هزار عضو این خانواده که همه جا پخش هستند و گیاهان بین المللی محسوب می شوند شامل چندین گیاه ارزشمند می باشند. گلها از تقارن شعاعی گرفته تا تقارن طرفی تغییر می کنند. در تقارن طرفی گل دارای یک ناو می باشد که از اتّصال دو گل برگ ایجاد شده، قایق مانند بوده و مادگی را احاطه کرده است. همچنین دارای ۲ گل برگ بال مانند و یک گل برگ درفش بزرگتر می باشند. (شکل ۱۱-۲۳). پرچمها در چنین گلهایی عموماً پیوسته بوده و به شکل لوله ای در اطراف تخمدان قرار دارند. ویژگی عمومی که همهٔ این گیاهان را در یک خانواده قرار می دهد میوه نیام آنهاست (شکل ۱۶-۸).



شکل ۱۱-۲۳ بخشهای گل نخود زینتی؛ پرچمها (۹ پرچم متّصل شده و لوله‌ای را اطراف مادگی تشکیل می‌دهند. پرچم دهم آزاد می‌باشد).

گیاهان زراعی مهم شامل نخود و تمام انواع لوبیا (مانند باقلا، سویا، لوبیای ژاپنی) همچنین عدس، بادام زمینی، یونجه، اکلیل الملک، شیرین بیان و آکاسیا می شود. آکاسیا درخت استرالیایی است که به صورت تجاری به عنوان منبع تانن برای تهیّهٔ چرم کشت می شود. خرنوب که بطور وسیعی به عنوان مادّهٔ اوّلیهٔ شکلات استفاده می شود از اعضای این خانواده می باشد. چندین نوع کوپال (رزین سختی که در جلادهی و لاك زدن استفاده می شود) از نیام داران خاصّی به دست می آید، همچنین صمغ عربی و کتیرا نیز در موسیلاژها، رنگها، خمیرهای مختلف و چاپ لباسها استفاده می شوند.

رنگهای مهم مثل نیل و رنگ مخصوص چوب (که در رنگ آمیزی بافتها برای مقاطع میکروسکپی استفاده می شد و امروزه نادر است) و رنگ زردی مخصوص از گیاهان مختلف نیام دار به دست می آیند. گونها که مسؤول مرگ و میر اسبها، گاوها و گوسفندان مخصوصاً در جنوب غربی ایالات متّحده می باشند متعلّق به یک جنس بزرگ با ۱۶۰۰ گونه است. مادّهٔ مهمّ سمّی که باعث مسمومیّت چهارپایان می شود در غلظتهای متفاوتی است که ظاهراً به نوع خاکی که گیاه روی آن رشد می کند بر می گردد. دیگر نیام داران سمّی عبارتند از گیاهانی مانند لوپنها، ابروسها، و اقاقیا.

گیاه حسّاس (*Mimosa pudica*) که به صورت علف هرز درمناطق گرمسیری و جنوبیترین نقطهٔ ایالات متّحده رشد می کند، در نواحی معتدله و سردتر به علّت شگفت آور بودن حالت سریع و واکنش برگها یا برگچه ها به تماس یا محرّك دیگر مورد توجّه هستند (شکل ۱۱-۱۸). حدود ۹۰ درصد اعضای خانوادهٔ حبوبات تحرّك در برگهای خود نشان می دهند. ولی تعداد کمی بسرعت گیاه حسّاس حرکت می کنند. بعضی از حرکات برگ این گیاهان، بیشتر مربوط به طول روز است تا عوامل دیگر.

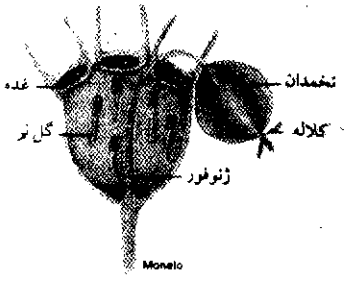
یونجهٔ وحشی بطور وسیعی به وسیلهٔ آدمهای اوّلیه به عنوان غذا مصرف می شده است. برگهای آن با حجم زیادی بسادگی قابل هضم نیستند ولی ریزومها جمع آوری و معمولاً برشته می شوند و یا در آب نمک بخار داده شده و قبل از آن که به مصرف برسند داخل روغن فروه برده می شدند. دانه های شبدر و ماش را نیز برای مصرف غذایی آسیاب می کرده و یا آنها را در کمی آب پخته و به عنوان سبزیجات مصرف می نموده اند. امروزه دانه های چندین نیام مانند یونجه و لوبیای وحشی به خاطر جوانه هایشان مورد توجّه بوده و در سالادهای شرقی و خوراکها استفاده می شوند. یک لوبیای گرمسیری بنام لوبیای بالدار از پروتئین بالا و فوق العاده ای برخوردار و

تمام قسمتهای گیاه مزبور قابل استفاده است. در حال حاضر این لوبیا در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری و همچنین به میزان محدودی در بعضی نواحی معتدله کشت می شود. عقیده بر این است که این لوبیا می تواند برای اشخاصی که دچار سوء تغذیه می باشند بسیار مناسب باشد.

خانوادهٔ فرفیون Euphorbiaceae

بسیاری از گیاهان خانوادهٔ فرفیون گرمسیری هستند. برخی از آنها در نواحی معتدل شمالی و جنوبی فراوانند. پرچمها و مادگی روی گلهای مجزّا تولید می شوند. پرچمها و مادگی روی گلهای کوچک و نامشخّصی به وجود می آیند. در فرفیون حقیقی گل ماده برروی پایه ای بنام ژینوفور قرار دارد و به وسیلهٔ چندین گل نر احاطه می شود که هرکدام از آنها کمی بیشتر از یک پرچم دارند. هردو نوع گلهای نر و ماده درون فنجانی که حاصل از اتّصال براکنه هاست قرار می گیرند. فنجان در لبه ها واجد غدّه هایی می باشد. این نوع گل آذین موسوم به سیاتیوم می باشد (شکل ۱۲-۲۳). گلها گاهی به وسیلهٔ براکته های رنگی و مشخّصی مخفی می شوند (شکل ۱۵-۷) در این صورت گل آذین ظاهر یک گل بزرگ را پیدا می کند. بیشتر گیاهان این خانواده شیرابهٔ شیری رنگی تولید می کنند و تعدادی از گونه ها سمّی می باشند.

(الف)



(ب)

شکل ۱۲-۲۳ فرفیون: الف ـ گل آذین. ب ـ یک سیاتیوم

دیر یا زود تعدادی از باغبانها انگیزه هایی را جهت نابودسازی فرفیونها خواهند داشت زیرا بعضی از گونه های متعلّق به این خانواده استثناءاً علف هرزهایی هستند که بسرعت تکثیر می یابند. دیگر فرفیونهای گرمسیری شباهت نزدیکی به کاکتوسها داشته و خیلی بزرگ می شوند. چندین گیاه اقتصادی مهم از این خانواده بویژه در مناطق پرباران کشت می شوند. برای مثال سالانه حدود ۹۰ میلیون تن کازاوای کشت شده در جنگلهای آمریکای جنوبی، آفریقا و آسیای شرقی حاصل می شود. ریشه ها که ضخیم و ذخیره ای می شوند شبیه سیب زمینی شیرین (شکل ۱۵-۶) رژیم غذایی مردمان مناطق گرمسیری را تشکیل می دهند مشابه سیب زمینی معمولی که رژیم غذایی مردمان نواحی معتدله را تشکیل می دهد. ترکیباب سمّی به وسیلهٔ جوشاندن، تخمیر کردن و یا به وسیلهٔ عصاره گیری از گیاه خارج می شود، کازاوا به حالت خشک یا پودر بنام فارنیها شناخته شده و در کشورهای غربی تاپیوکا از نشاستهٔ کازاوا با گرم کردن گلوله های کازاوا و تکان دادن و عبور آن از صافی به دست می آید. نشاستهٔ کازاوا همچنین به عنوان پایه ای برای تولید الکل و استُن و دیگر محصولات شیمیایی به کار می رود.

یکی دیگر از فرفیونهای زراعی، درخت لاستیک (پارا) می باشد که امروزه منبع لاستیک خام مورد استفاده در تولید اکثر محصولات لاستیکی است. اگرچه درختان وحشی آمریکای جنوبی منشأ اوّلیهٔ تجاری برای لاستیک بوده اند، ولی این درختان در اندونزی، آفریقا، و نواحی مجاور، به صورت ومیع کشت شده است. این درختان که از نظر ارتفاع متنوّع و از ۵ تا بیش از ۵۰ متر متغیرند، بیشتر شیرابهٔ خود را در پوست داخلی تولید می کنند. مجاری (فصل ۵) که شیرابه ها در آن ترشّح می شوند، به صورت مارپیچی با زاویهٔ حدود ۳۰ درجه داخل تنهٔ درخت قرار می گیرند. از این رو بریدگیهای با همین زاویه در پوست داخلی ایجاد می شود تا بالاترین میزان شیرابه به دست آید. این شیرابه درون فنجانهای جمع کننده ای که بدون داشتن زیانی برای درخت روی آن نصب شده اند، می چکد. شیرابه بعد از جمع آوری به کمک مواد شیمیایی مختلف یا دود منعقد شده و سپس به صورت ورقه یا خُرد شده به کارخانجات تولید فرستاده می شود. گاهی یک مادّهٔ ضدّ انعقاد بآن می افزایند و مایع را به مخزنهایی منتقل می کنند. لاستیکهای اتو مبیل و هواپیما مقدار قابل ملاحظه ای از لاستیک دنیا را مصرف می کنند. دیگر محصولات تولید شده از لاستیک نیز زیادند. درخت لاستیک پارا نباید با گیاه پهن برگ زینتی بنام گیاه لاستیک (فیکوس الاستیکا) اشتباه شود. گیاه لاستیک همچنین نیز ایجاد شیرابه می کند ولی این گیاه عضوی از خانواده انجیر (Moraceae) می باشد.

شیرابهٔ فرفیونهای دیگر ممکن است آیندهٔ مفیدی جهت منابع سوخت و روغن باشند. در سال ۱۹۷۶ کلوین دانشمند دریافت کننده جایزهٔ نوبل از دانشگاه کالیفرنیا استفاده از شیرابهٔ گیاه گوفر (*Geomys*) را به عنوان منبع روغن پیشنهاد کرد. او تخمین زد که از چنین گیاهانی که در نواحی نیمه بیابانی می رویند، سالانه می توان بین ۱۰ تا ۵۰ بشکه روغن در هر ۰/۴ هکتار به ارزش هر بشکه ۳ تا ۱۰ دلار به دست آورد.

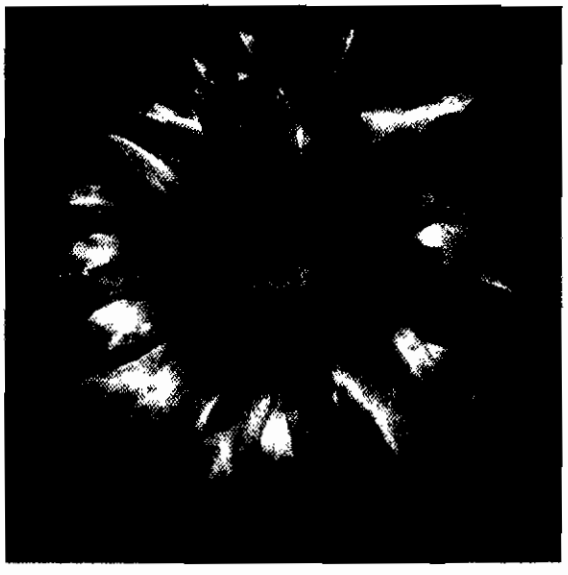
یک گیاه فرفیون بنام کاندلیلا در مناطق دور دست مکزیک می روید. این گیاه در ساقه هایش یک نوع موم تولید می کند که جمع آوری شده و در ساخت شمع و محصولات مومی دیگر استفاده می شود. فرفیون دیگری نیز تولید دانه های روغنی خاص مورد استفاده در پلاستیک سازی را می نماید. روغن کرچک (حاصل از دانهٔ گیاه کرچک خانوادهٔ فرفیون) در تولید نایلون، پلاستیک، و صابون، استفاده می شود. دانهٔ کرچک بسیار سمّی است تا حدّی که یک تا سه دانهٔ آن باعث مرگ یک کودک می شود. این گیاهان که خیلی سریع رشد می کنند به منظور استفادهٔ زینتی کاشته می شوند لیکن یکی از پیش قراولان مسموم کنندهٔ طبیعی برای کودکان آمریکایی می باشند.

یک لوبیای جهندهٔ مکزیکی (*Sabastiana spp.*) دانهٔ نوعی فرفیون است که یک پروانه کوچک درون آن تخم گذاشته است. هنگامی که تخم حشره باز می شود نوزاد حشره متناوباً با تکانهای خو دش برای تغییرمکان باعث جهش دانه می گردد. گیاه تاج خاری (*Euphorbia milii*) گیاهی زینتی است که دارای ساقه های تا حدّی پیچ خورده و قابل ارتجاع با خارهای بارز در روی آن می باشد. بعضی معتقدند که این گیاه، همان گیاهی می باشد که تاج خار دار حضرت مسیح از آن درست شده است. بنت قنسول یا گل کریسمس (شکل ۱۵-۷) در نقاط مختلف دنیا گیاه زینتی شناخته شده است. روغن تونگ در رنگ و روغن و جلادهی مورد استفاده قرار می گیرد، همچنین موم گیاهی چینی مادّه‌ای برای تولید صابون و شمع است، هردو تولیدات تجاری مهم به دست آمده از دانه های گیاهان زراعی دیگری از خانوادهٔ فرفیون هستند.

خانوادهٔ کاکتوس (Cactaceae)

کاکتوسها فقط بومی آمریکا هستند ولی بسیاری انواع زینتی آنها به دیگر نقاط دنیا

فرستاده شده است. گلها معمولاً نمایشی (شکل ۱۳-۲۳)، دارای تعداد زیادی پرچم، گل برگ، و کاسبرگ می باشند. کاسبرگها اغلب همرنگ گل برگها بوده و مادگی پایینی آنها تبدیل به میوهٔ سته ای می شود (شکل ۱۰-۸). بیش از ۱۵۰۰ گونه کاکتوس وجود دارد که بیشتر مربوط به نواحی خشک نیمه گرمسیری هستند. برگهای تعدادی از آنها کوچک شده و یا بکلّی تحلیل رفته است ولی ساقه ها گوشتی، پهن، یا استوانه ای شده و عمل فتوسنتز را انجام می دهند (شکل ۱۴-۲۳). بسیاری از آنها می توانند دماهای بالا را تحمّل کنند و بعضی تا چندین سال قادرند بدون رطوبت زیست نمایند. آنها از نظر اندازه از سر سوزن تاساگاروی غول پیکر (شکل ۱۷-۲۴) که می تواند به ارتفاع ۱۵ متر و وزن ۴/۵ تن برسد متغیّرند. کاکتوس معمولاً رشد کندی داشته و گیاهان خانگی مناسبی جهت پنجره های آفتابی را تشکیل می دهند و به مراقبت بسیار کمی نیاز دارند.



شکل ۱۳-۲۳ گل کاکتوس

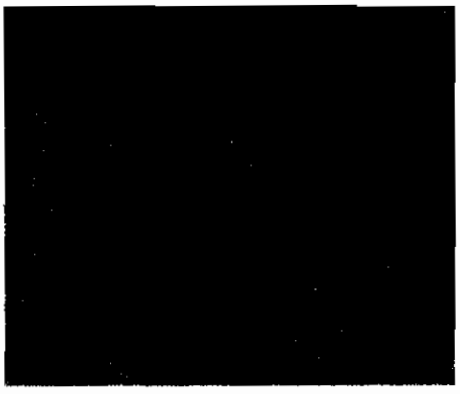
در سال ۱۹۴۴ یک خلبان نیروی دریایی مجبور شد از هواپیمایش در بیابانی نزدیک یومای آریزونا به بیرون بپرد. او توانست برخلاف رطوبت بسیار کم و دمای بالا، در نتیجهٔ

جویدن گوشت آبدار کاکتوس خمره‌ای زنده بماند. پس از آن کاربرد کاکتوس به عنوان مایع و غذای اضطراری در دستورالعملهای حیاتی توصیه شده است. در حقیقت فقط سه کاکتوس یعنی پیوت (*Lophophora sp.*)، سنگ زنده (*Ariocarpus*) و حج هاگ (*Echinocereus sp.*) به علّت مواد سمّی موجود در آنها به عنوان کاکتوسهای غیر خوراکی شناخته شده‌اند. بنابراین، میوه‌های بیشتر کاکتوسها می‌توانند مصرف شوند. میوه‌های کاکتوس گلابی خاردار (*Opuntia*) گاهی در فروشگاههای آمریکا فروخته می‌شوند و تا حدّی طعم گلابی دارند. میوه‌های این کاکتوس دارای دانه‌هایی است که بومیان جنوب غربی ایالات متّحدهٔ آمریکا آن را خشک و آسیاب کرده به صورت آرد در خوراکی بنام آتول استفاده می‌کردند. از جوشاندن میوه‌های اپونیا و میوه‌های ساگاروی غول پیکر یک شربت خوب به دست می‌آید. در گذشته آب نبات کاکتوس به وسیلهٔ خشک کردن نوارهای کاکتوس خمره‌ای و جوشاندن آنها در شربت میوهٔ ساگار و تهیّه می‌شد ولی اکنون کاکتوس معمولاً در شربت تهیّه شده از نیشکر جوشانده می‌شود.

بومیان جنوب غربی آمریکا کاکتوسهای خمره‌ای را گود می‌کردند و پس از خشک کردن به عنوان ظروف مورد استفاده قرار می‌دادند. این افراد همچنین شیرهٔ چسبناك کاکتوس اوپونتیا را با شفته برای ساخت کلبه‌های خشتی مخلوط می‌کردند. در تکزاس مرهمی از ساقهٔ اوپونتیا جهت مداوای گزش عنکبوت به کار می‌رود. سرخ پوستان هوپی برای درمان اسهال، کاکتوس کولا (اُپونتیای استوانه‌ای) را به صورت خام می‌جویدند و از اسکلت این کاکتوس جهت گل آرایی استفاده می‌کردند.

در اواسط قرن نوزدهم استرالیا تعدادی کاکتوس اُپونتیا وارد کرد و در نواحی داخلیتر مناطق خشک پرورش داد و تکثیر نمود. این کاکتوسها چون هیچگونه دشمن طبیعی نداشتند در محیط جدید خود بسرعت تکثیر یافته و در طیّ ۷۵ سال بیش از ۲۴ میلیون هکتار را اشغال نمودند. در تلاشی جهت کنترل آنها، استرالیا یک بید آرژانتینی را در سال ۱۹۲۵ وارد کرد که روی این کاکتوس تغذیه می‌کردند. به این صورت تدریجاً گیاه را تحت کنترل در آورد و سرزمین مجدداً قابل استفاده شد.

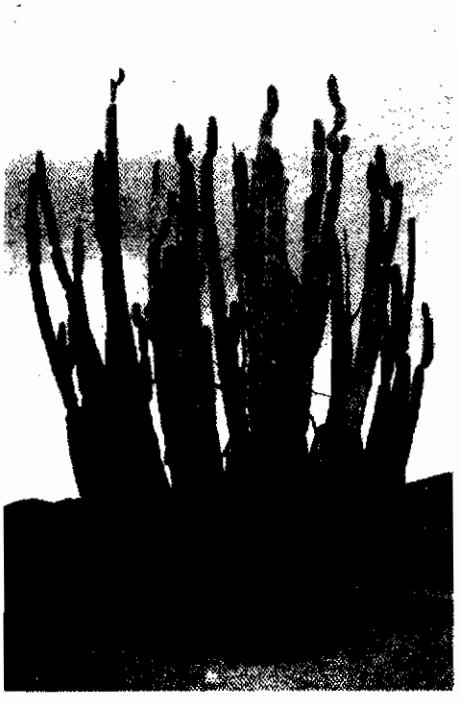
انگل دیگر کفشدوزك (خویشاوند سوسک خالدار، آفت طبیعی گلخانه‌ای) است که روی اُپونتیا در مکزیک تغذیه می‌کند. قبل از آن که رنگهای آنیلین در ماتیکها و روژهای امروزی مورد استفاده قرار گیرد، این حشرات به علّت رنگ قرمز خود جهت ساخت رنگ لب خانمها جمع آوری می‌شدند.



(الف)

(ب)

(پ)



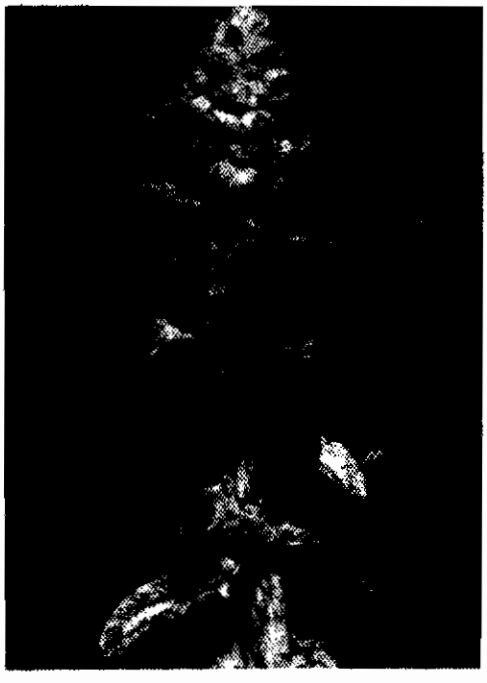
(ت)

شکل ۱۴-۲۳ کاکتوسها : الف ـ اپونتیا؛ ب ـ کاکتوس بشکه‌ای؛ پ ـ پیوت؛ ت ـ کاکتوس اکوردئونی

کاکتوس پیوت یک گیاه تکمه ای کوچک است که فاقد تیغ بوده و ریشه های آن با ریشهٔ هویج شباهت دارد. این کاکتوس دارای چندین ترکیب دارویی است که مشهورترین آنها مسکالین است که خواص مالیخولیایی دارد. قطعات خشک شدهٔ این گیاه قرنها توسّط بومیان مکزیک و اخیراً به وسیلهٔ بیش از ۳۰ قبیلهٔ بومی آمریکا در مراسم مذهبی استفاده می شود.

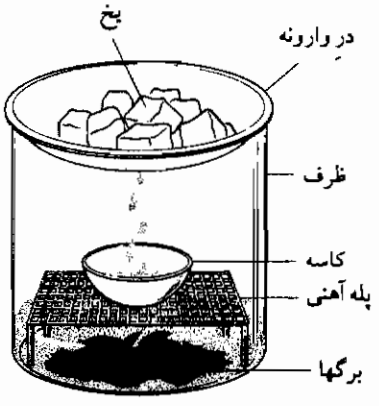
خانوادهٔ نعناع Lamiaceae

۳۰۰۰ گونه متعلّق به خانوادهٔ نعناع به علّت داشتن ساقه ای با مقطع عرضی چهارگوش، برگهای متقابل و گلهای با تقارن دو طرفی از دیگر خانواده ها نسبتهً به راحتی قابل تشخیص می باشند (شکل ۱۵-۲۳). آنها همچنین در برگها و ساقه های خود، تولید روغنهای معطّری می کنند. تخمدان بالایی آنها چهاربخشی است و هر بخش تبدیل به یک فندقه می گردد. بعضی از گیاهان معروف خانوادهٔ نعناع عبارتند از: روزماری، پونهٔ کوهی، مریم گلی، مرزنگوش، آویشن، ریحان، اسطوخودوس، علف گربه، پونه و نعناع معمولی.



شکل ۱۵-۲۳ گلهای نعناع (استاکیس)

روغنهای نعناع می توانند در منزل با استفاده از تجهیزات سادهٔ کنسرو کردن معمولی استخراج شوند. همهٔ گیاه (یا حدّاقل گیاهان برگدار) آزادانه در عمق ۱۰ سانتیمتری یا بیشتر در کف قوطی یا ظرف کنسرو قرار داده می شوند. سپس یک پایهٔ سیمی درون قوطی روی گیاهان گذاشته و یک کاسه در وسط پایه قرار داده می شود. مقداری آب اضافه می گردد تا حدّی که تودهٔ گیاهی را بپوشاند و یک سرپوش وارونه روی آن گذاشته می شود. آب را به جوش آورده و در این هنگام درون سرپوش وارونهٔ یخ قرار می دهیم. روغن تبخیر شده، متراکم می شود و سپس با برخورد با سرپوش سرد به علّت برودت به صورت قطره درون کاسه می ریزد (شکل ۱۶-۲۳). البتّه مقداری رطوبت نیز جمع می شود ولی چون روغن سبکتر است در بالا قرار می گیرد. روغن پونه و نعناع مخصوصاً از این روش به آسانی جمع آوری شده و برای یک یا دو سال می توان آن را در یخچال نگاهداری کرد.

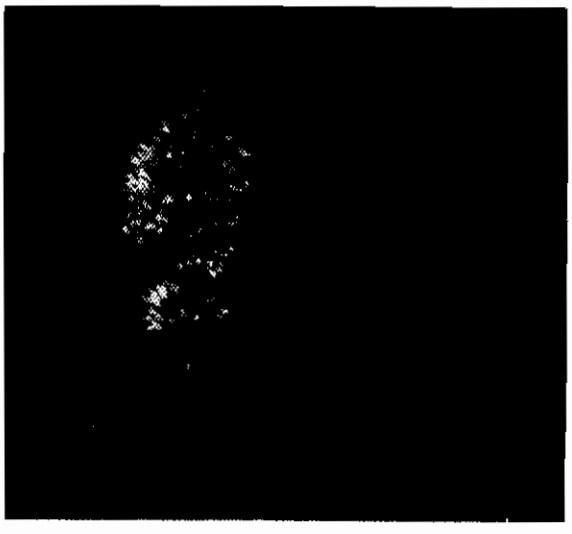


شکل ۱۶-۲۳ یك دستگاه ساده جهت تقطیر روغن نعناع در خانه

از روغن نعناع در نواحی مختلف دنیا به عنوان دارو و یک مادّهٔ ضدعفونی کننده استفاده می شود. سرخ پوستان موهگان چای علف گربه را برای سرماخوردگی و گاوداران بخشهایی از غرب مرکزی ایالات متّحده از روغن نعناع معمولی جهت شستشوی تجهیزات شیردوشی استفاده می کنند. به عنوان یک نتیجهٔ مطلوب، ورم پستان که یکی از بیماریهای شایع در گاوهای شیرده می باشد. به ندرت در میان گاوهای آنها مشاهده

می شود. گندنای کوهی که یک گیاه نعناع متداول در اروپاست و درقارّه های دیگر نیز بومی شده است و درفرانسه پرورش داده می شود. عصارهٔ برگ این گیاه در آب نبات گندنای کوهی و داروی سرفه به کار می رود. در انگلستان گندنای کوهی عنصر اصلی آبجو گندنایی است. علف ونیگار (*Trichostema sp.*) گیاه پاییزی غرب آمریکای شمالی است. بومیان این نواحی از آمریکا از آن برای درمان سرما خوردگی، کاهش دندان درد، و به صورت شستشو در مداوای آبله استفاده می کردند. این گیاه همچنین برای بیهوش کردن ماهی به کار می رفته است.

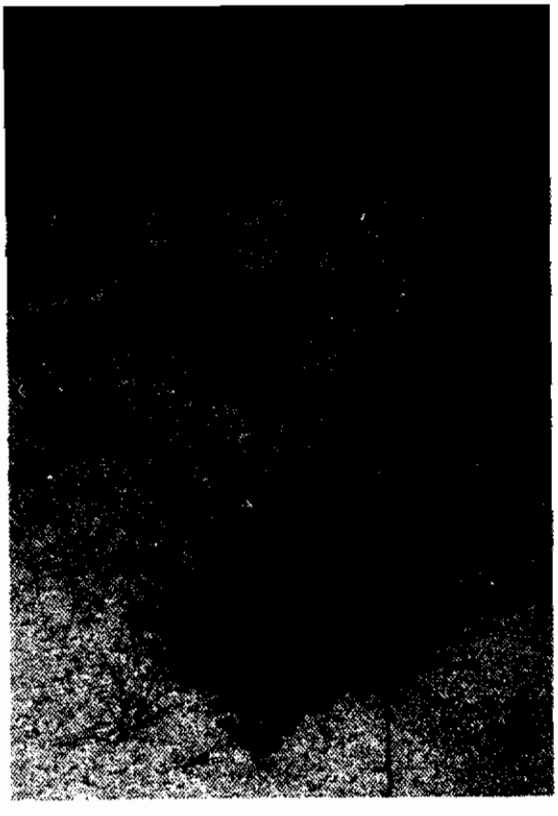
منتول، فراوانترین جزء روغن پونه (شکل ۱۷-۲۳)، امروزه بطور وسیعی در خمیر دندانها، آب نباتها، آدامسها، نوشابه ها و سیگارها استفاده می شود. منبع اوّلیهٔ آمریکایی منتول در حوزهٔ رودخانهٔ کلمبیا در ارگان و واشنگتن می باشد که به صورت تجاری کشت می شود. گاهی غازها را در مزارع نعناع جهت کنترل حشرات مورد استفاده قرار می دهند زیرا در رشد گیاهان تأثیری ندارند.



شکل ۱۷-۲۳ گل پونه. روغن مستجرجه از برگها منبع منتول می باشد.

نعناعهای زینتی مانند سالوی (مریم گلی) و حسن یوسف برگ رنگی هیچ کدام دارای روغن نعناع خوبی نیستند. نعناع غیر معطّر دیگر بنام چیا (*Salvia columbariae*) (شکل ۱۸-۲۳) است که زیستگاههای آن محدود به نواحی خشکتر غرب آمریکای شمالی

می شود. بومیان آمریکا دانه های چیا را بریان کرده و در فرنی به کار می بردند. از دانه ها که هنگام رطوبت موسیلاژی می شوند خمیری تهیّه می شد که در بیرون آوردن ذرّات آلوده از چشم مورد استفاده قرار می گرفت. این خمیر همچنین به عنوان مرهم در جراحتهای حاصل از گلوله استفاده می شد. کالیفرنیاییهای اسپانیایی از دانه های آسیاب شدهٔ چیا و آب لیمو و شکر برای تهیّهٔ یک نوشیدنی نشاط بخش استفاده می کردند. گزارش شده است که دانه های چیا دارای ترکیب ناشناخته ای است که اثری مشابه ترکیبات کافئین دارد. قبل از شروع قرن حاضر یک پزشک بنام بارد مدّعی بود که یک قاشق سوپ خوری دانه های چیا برای تقویت انسان جهت تحمّل ۲۴ ساعت راه پیمایی کافی است. از آن زمان راه پیمایان صحرایی که دانه ها را آزمایش کرده اند نتایج آن این ادّعا را تقویت نموده است. یک پژوهش علمی دقیق در این مورد لازم است.

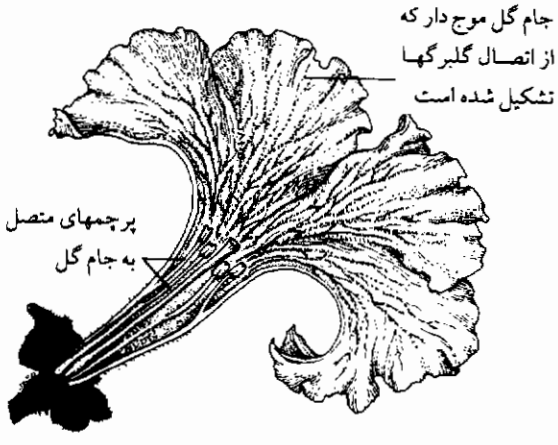


شکل ۱۸-۲۳ گل چیا

خانوادهٔ تاجریزی Solanaceae

گلهای گیاهان خانوادهٔ تاجریزی که در نواحی گرمسیری آمریکای جنوبی و مرکزی متمرکز هستند، دارای گل برگهای حدّاقل متّصل در قاعده و پرچمها از طریق میله به جام گل وصل است بطوری که ظاهراً به نظر می رسد از گل برگها منشأ گرفته اند (شکل ۱۹-۲۳). تخمدان بالایی آنها به یک میوهٔ سته یا کپسول تبدیل می شود (شکل ۱۸-۸). بیش از ۳۰۰۰ گونهٔ این خانواده دارای پراکنش جهانی و برگهای متناوب هستند و به صورتهای مختلف علفی، بوته ای، درختی یا بالا رونده وجود دارند. شناخته شده ترین نمونه های خانوادهٔ تاجریزی عبارتند از گوجه فرنگی، سیب زمینی معمولی، بادمجان، فلفل، توتون، و گل اطلسی.

تعدادی از تاجریزیها تولید ترکیبات دارویی می کنند که بعضی از آنها استفاده های پزشکی دارند. مشهورترین تولید کنندهٔ این داروها، تاجریزی اروپایی کشنده است. یک داروی پیچیده بنام بلادون از برگهای این گیاه استخراج می شود. بلادون در گذشته توسّط پزشکان جادوگر استفاده می شد. همچنین به عنوان آرامش برای چشم مصرف می شد. امروزه منبع چندین مادّهٔ دارویی کاربردی مانند آتروپین اسکوپولامین و هیوسیامین می باشند. آتروپین در درمان شوك، برای کاهش درد، گشاد کردن مردمک چشم، و بی اثر کردن اسپاسم عضلانی به کار می رود. اسکوپولامین به عنوان آرام بخش استفاده شده و هیوسیامین تأثیراتی مشابه آتروپین دارد. کپسیکوم حاصل از نوعی فلفل به عنوان محرّك سیستم گوارشی استفاده می شود.



شکل ۱۹-۲۳ مقطع گل اطلسی

تا توره (تصویر ۶-۸) نیز منبعی برای داروهای پزشکی است که در درمان آسم و دیگر بیماریهای مزمن به کار می رود. این داروها اگر به مقادیر کافی مصرف شوند، می توانند کُشنده باشند ولی سابق در مراسم مذهبی بومیان آمریکا در مقادیر کنترل شده ای زیاد مصرف می شده اند. شواهد نشان می دهند که مصرف کنندگان دچار جنون موقّتی می شوند ولی با از بین رفتن اثر دارو اعمالشان را به خاطر نمی آورند. داروی سولانین اگر در همهٔ گیاهان این خانواده نباشد، در اکثر این گیاهان وجود دارد. ظاهراً بعضی مبتلایان به آرتروز نسبت به سولانین حسّاس هستند. تعدادی از بیماران مبتلا به آرتروز در اثر پرهیز از گیاهان این خانواده (شامل سیب زمینی، گوجه فرنگی، فلفل، بادمجان) بهبودی نسبی یافته اند.

بیش از ۸۰۰۰۰۰ هکتار از اراضی آمریکا زیر کشت توتون برده شده است که در حالت خشک دارای ۱ تا ۳ درصد داروی نیکوتین است. نیکوتین در انواع ویژه ای از حشره کشها و نیز جهت نابودسازی کرمهای دستگاه گوارش دامها به کار می رود، ولی نیکوتین یک داروی اعتیادآور است. شواهد زیادی مبنی بر نقش اصلی توتون در ایجاد بیماریهای قلبی و تنفّسی شامل سرطان ریه و سرطانهای دیگر مانند سرطان دهان و گلو در انسان وجود دارد. به نظر می رسد تنها منفعت آن برای انسان دراز بین بردن زالو می باشد. گفته شده است زالوهایی که خود را به اشخاص شدیداً سیگاری متّصل می کنند پس از ۵ دقیقه در نتیجهٔ تأثیر سمیّت نیکوتین کشته می شوند و این یک توجیه بسیار مشکوکی است جهت تداوم استفادهٔ آن به وسیلهٔ انسان.

گوجه فرنگی جزو مشهورترین سبزیجات است. حدود ۱۸ میلیون تن آن سالانه در دنیا کشت می شود. این گیاهان روز خنثّی هستند (فصل ۱۱). در عین حال که برای میوه بستن به دمای گرم شب (۱۶°C) نیاز دارند، هنگامی که شرایط طبیعی مناسب نباشد، آنها را می توان بسادگی در گلخانه ها پرورش داد. بیشتر گوجه فرنگیهای پرورش یافته در ایالات متّحده در تهیّهٔ آب گوجه فرنگی، رُب و خمیر گوجه فرنگی، و سوس گوجه فرنگی به کار می روند. در ایتالیا بعداز آن که گوشت میوه برداشته شد مقادیر کمی از روغن خوراکی از دانه ها استخراج می شود. از هنگامی که در طیّ دههٔ ۱۹۶۰ کارگران ارزان قیمت کمیاب شد، اکثر گوجه فرنگیهای آمریکا در کالیفرنیا توسّط ماشین آلات مخصوصی درو می شوند (شکل ۲۰-۲۳).

سیب زمینی سفید معمولی یا ایرلندی یکی از مهمترین موادّ غذایی پرورش یافته در مناطق معتدلهٔ دنیاست که محصولات سالانهٔ آن بیش از ۲۷۰ میلیون تن می شود. تولید کنندگان عمدهٔ این محصول به ترتیب روسیه با حدود ۳۰ درصد از مجموع سیب زمینی دنیا، سپس چین،

لهستان، و ایالات متّحده هستند. عقیده براین است که منشأ سیب زمینی سفید از جزیره ای در سواحل شیلی می باشد، که توسّط مهاجرین اسپانیایی آمریکای جنوبی در قرن شانزدهم به اروپا برده شده است. در دههٔ ۱۸۴۰ بیماری بلایت سیب زمینی که به محصولات سیب زمینی ایرلند آسیب رساند سبب قحطی شدید در ایرلند و به دنبال آن مهاجرت ایرلندیها به ایالات متّحده، استرالیا، و دیگر نقاط دنیا شد. هنگامی که غدّه های سیب زمینی در معرض آفتاب قرار گیرند سطح آن سبز رنگ می شود. در ناحیهٔ سبز داروی سمّی تولید می گردد. اثبات شده که این دارو برای انسان و حیوان کشنده است و نبایستی مصرف شود.

شکل ۲۰-۲۳ بك ماشین دروکن گوجه فرنگی

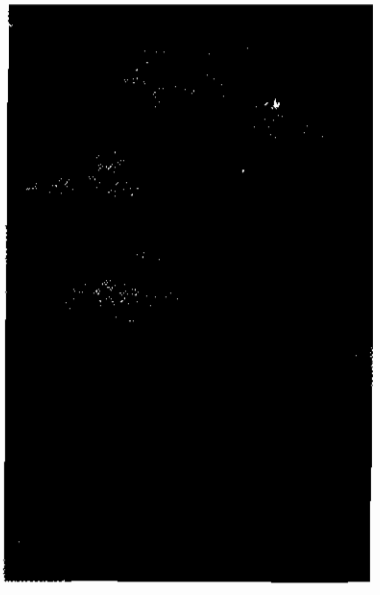
خانوادهٔ هویج Apiaceae

تعدادی از گیاهان متعلّق به خانوادهٔ هویج که به فراوانی در نیم کره شمالی یافت می شوند جزو رستنیهای معطّر می باشند. گلها بطور معمول کوچک و زیادند و گل آذین چتری را تشکیل می دهند (شکل ۷-۸). تخمدان پایینی و کلاله دو قسمتی می باشد. دم برگها که بیشتر در مطالعات تشریحی به کار می روند معمولاً در قاعدهٔ اطراف ساقه غلافهایی را

تشکیل می دهند. مثالهایی از ۲۰۰۰ عضو این خانواده عبارتند از شوید، کرفس، هویج، جعفری، زیره سبز، گشنیز، رازیانه، انیسون هویج سفید. انیسون یکی از قدیمترین عطرهاست که مورد توجّه بوده. این گیاه به عنوان چاشنی در کیکها. کلوچه ها و شیرینی به کار می رود. به نظر می رسد موشهای کور جذب عطر گیاه شده و باعث آلودگی آنها به وسیلهٔ طعمه های سمّی می شوند. یک نوشابهٔ لیکوری بنام انی ست با آن معطّر می شود.

نوشابهٔ دیگری بنام کومِل با دانه های زیره معطّر می شود. این دانه ها همچنین در نانوایی مصرف دارند.

تعدادی از گیاهان خانوادهٔ هویج سمّی می باشند. شوکران آبی (شکل ۲۱-۲۳) و شوکران کبیر که در آبراهها و گودالها متداولند کشنده و برای طرفداران ناآگاه موادّ غذایی وحشی خطرناك می باشند. عقیده براین است که مرگ سقراط در نتیجه خوردن شوکران کبیر بوده است که نبایستی با درخت شوکران مخروط دار اشتباه شود.



شکل ۲۱-۲۳ یك شوکران آبی

چندین عضو خانوادهٔ هویج مانند گلپر و هویج سفید که دارای ریشه های خوراکی هستند، مادّهٔ غذایی بومیان آمریکا را تشکیل می دادند. ولی توصیه می شود که خواننده حتماً

قبل از مصرف از شناخت آنها اطمینان حاصل نماید.

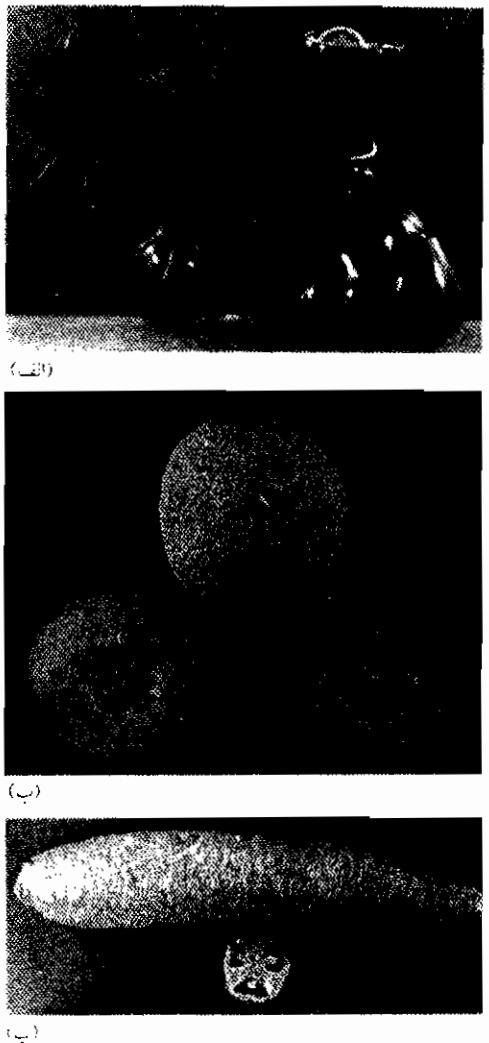
خانوادهٔ کدو (Cucurbitaceae)

بیشتر گونه های خانوادهٔ کدو، گرمسیری و نیمه گرمسیری هستند، تعدادی در نواحی معتدل هردو نیم کرهٔ شمالی و جنوبی وجود دارند. این گیاهان به صورت گیاهان علفی، خوابیده و یا بالا رونده و دارای پیچک هستند. گل آنها دارای گل برگهای پیوسته و تخمدان پایینی سه برچه ای می باشد. تماماً تک جنسی هستند، برخی هردو اندام جنسی نر و ماده را بر روی یک گیاه دارا می باشند درحالی که بقیّه برروی یک گیاه فقط واجد اندام جنسی نر یا ماده هستند. در گلهای نر پرچمها به درجات مختلفی که بستگی به گونه دارد اتّصال حاصل می نمایند. این خانواده حدود ۷۰۰ عضو دارد که چندین گونهٔ آنها دارای واریته های زراعی مختلف هستند.

تعدادی گیاه خوراکی مهم در این خانواده قرار می گیرند، و بعضی آنچنان سابقهٔ کشت طولانی دارند که در طبیعت به صورت وحشی شناخته نشده و منشأ آنها مبهم می باشد. مشهورترین گیاهان خوراکی این خانواده شامل کدو، کدو تنبل، خیار، طالبی (شکل ب ۲۲-۲۳) و هندوانه می باشند. گیاه اسفنجی (شکل پ ۲۲- ۲۳) که هنگام رویش مشابه یک خیار بزرگ می شود، شبکهٔ اسکلتی فیبری گسترده ای را دارا می باشد بطوری که بعد از از بین رفتن بافتهای نرم به عنوان یک اسفنج حمّام می تواند مفید واقع شود.

کدوهای قلیانی یافت شده در غارهای مکزیک سابقهٔ آنها به ۷۰۰۰ سال قبل از میلاد بر می گردد. تعدادی از انواع این کدوها (شکل الف ۲۲-۲۳) هنوز کشت می شوند و برای اهدافی خاص مفید هستند. محتویات داخل بعضی از آنها خارج شده و برای انتقال مایعها و یا برای ذخیرهٔ موادّ غذایی بویژه غلاّت به کار می روند. مردمان آمریکای جنوبی از کدو برای نوشیدن مایه (mate) یک نوع چای استفاده می کنند همچنین از آنها چند نوع آلات موسیقی می سازند. در بخشهایی از آفریقا کدو را برای شکار میمون به کار می برند. یک نوع کدوی گردن باریک محتویات آن خارج شده درون آن توسّط دانهٔ ذرّت و غلاّت پر می شود. یک طناب که یک سمت آن به کدو وصل است و یک سمت دیگر به میخی که در زمین کوبیده می شود، هنگامی که میمون سعی در گرفتن مشت پُری از دانه ها دارد دستش به گلوی کدو گیر می کند.

او متوجّه نیست که اگر دانه ها را رها کند آزاد می شود ولی در عوض برای بیرون کشیدن دست پُر از دانهٔ خود سماجت می کند تا زمانی که دستگیر شود.



(الف)

(ب)

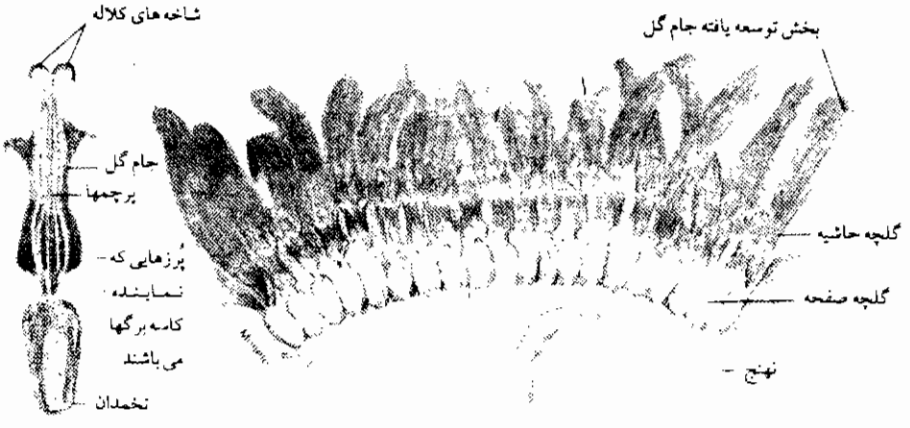
(پ)

شکل ۲۲-۲۳ میوه و اعضایی که مربوط به خانوادهٔ کدو می شود: الف ـ یک کدوی هاوائی با پرهای متّصل به آن که در مراسم خاص استفاده می شود، ظرف کدویی که در آمریکای جنوبی برای آشامیدن مِیت استفاده می گردد و یک نی فلزی برای نوشیدن چای مِیت؛ ب ـ طالبی؛ پ ـ یک لوفا (ابر گیاهی).

یک گیاه کوچک خیار مانند بالارونده در جنوب شرقی ایالات متّحده می روید بنام «طالبی کوچک» (*Melothria sp.*). گزارش شده است که این گیاه خاصیّت ضدّیبوستی قوی دارد (مانند مسهل عمل می کند). دیگر گیاهان خیار مانند ایالات غربی بنام من روت (*Marah sp.*) تولید ریشه های آبدار می کند که وزن بعضی از آنها به ۹۰ کیلوگرم می رسد (شکل ۸-۶). این ریشه ها توسّط بومیان آمریکا خرد شده در جریانات آب ملایم یا سدّ پراکنده می شود و باعث بی هوشی ماهیها می شود بدین صورت شکار آسانی به دست می آوردند. یک روغن حاصل از دانه ها برای جلوگیری از ریزش مو به سر مالیده می شد.

خانوادهٔ آفتابگردان Asteraceae

خانوادهٔ آفتابگردان با تقریباً ۲۰۰۰۰ گونه، دومین خانوادهٔ بزرگ گیاهان گلدار از نظر تعداد گونه ها می باشد. گلهای منفرد گلچه نامیده می شوند. آنها معمولاً متعدّد و کوچک هستند ولی روی گل آذین فشرده‌ای قرار گرفته اند بطوری که شبیه یک گل به نظر می رسند. به عنوان مثال یک آفتابگردان یا کوکب دارای دهها گل کوچک به صورت مجتمع هستند. گلهای حاشیه ای دارای جام گل گسترده تر به شکل نوارهایی خارج شده و ظاهری شبیه گل برگهای یک گل آذین را پیدا می کنند (به شکل ۲۳-۲۳ برای جزئیات بیشتر مراجعه نمایید). در گل قاصد تمام گلچه های منفرد یک گل آذین دارای زایده های نواری هستند.



شکل ۲۳-۲۳ بخشهای گل آفتاب‌گردان : الف ـ مقطعی از یك گلچه . ب ـ مقطعی از کُلّ گل آذین.

معروفترین اعضای این خانواده عبارتند از کاهو، اندیو، کاسنی، سیب زمینی ترشی، باباآدم، کوکب، داوودی، همیشه بهار، گل جعفری، آفتاب گردان، شکر تیغال.

سانتونین یک ترکیب دارویی حاصل از جوانه های گلی از خویشاوندان درمنه می باشد که بومی خاور میانه است. این دارو جهت درمان کرم سیستم گوارش مصرف می شود. تاراگون که به صورت چاشنی در گوشت و ترشیجات مورد استفاده است از دیگر خویشاوندان درمنه گرفته می شود. پیرتروم یک حشره کش طبیعی است که از گلهای گونه های ویژهٔ داوودی به دست می آید. قند فروکتوز از ریشه های غدّه ای سیب زمینی ترشی و کوکب حاصل می شود. کوکبها همچنین به علّت گلهای زینتی درشت خود معروفند در حالی که سیب زمینی ترشی به صورت یک سبزی به مصرف می رسد.

گل جعفری از گلهای مورد توجّه باغبانان است. گفته می شود ریشه های آنها مادّه ای آزاد می کنند که باعث دفع نماتودها می شود و عطر برگها دافع مگس سفید و دیگر حشرات می باشد. متأسّفانه، ظاهراً حلزونها نسبت به آن ایمنی یافته و با ولع برگها را مصرف می کنند.

تعدادی از گیاهان این خانواده برای اهداف مختلفی به وسیلهٔ بومیان آمریکا بطور وسیعی استفاده می شده است. دانه های گیاه بالزام روت (*Balsamorhiza sp.*) و گوش قاطر (*Wyethia sp.*) به عنوان غذا مصرف می شدند. گیاهان کامل بالزام روت به صورت پخته یا خام مصرف می شد، و در غرب عصاره های گیاهان گوش قاطر و علف هرز تار (*Grindelia sp.*) جهت درمان التهاب حاصل از مسمومیّت به وسیلهٔ گیاه بلوط سمّی یا تاگزیکودندرون (*Toxicodendron sp.*) استفاده می شد. همچنین ریشه های شنگ و شکر تیغال به عنوان غذا مصرف می شدند.

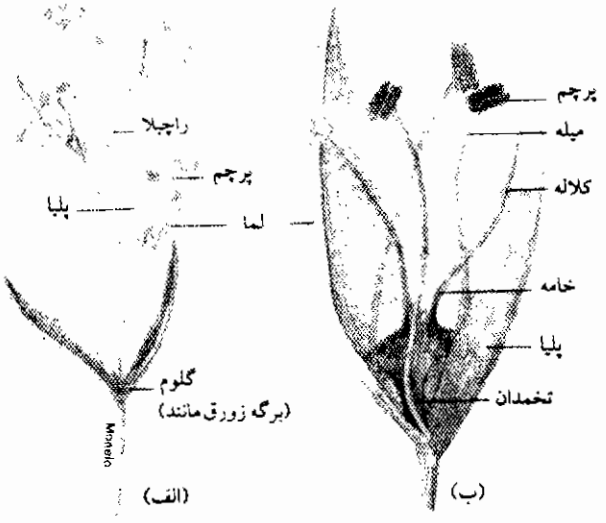
برگها و ریشه های جوان گل قاصد برای مدّتهای طولانی در فهرست گیاهان وحشی خوراکی بوده است و گلها برای تهیّهٔ شراب مورد استفاده داشته است. ریشه های بوداده شدهٔ کاسنی و گل قاصد به جای قهوه مورد استفاده قرار می گرفت. در طیّ جنگ جهانی دوم کاسنی برای استفاده به جای قهوه کشت می شد.

برگهای خشک و جوشاندهٔ بومادران برای تهیّهٔ یک مایع مغذّی به کار می رود. بومادران اروپایی که بومی آمریکای شمالی شده است دارای مادّه ای دارویی است که جهت جلوگیری از بی نظمی قاعده گی زنان استفاده می شده است. عقیده براین است که این گیاه به وسیلهٔ آشیل برای مداوای جراحات و زخمهای سربازانش مورد استفاده قرار می گرفت.

آفتاب گردان توسّط بومیان آمریکا بطور وسیعی برای دانه اش مورد استفاده بوده است و همچنین به منظور تهیّهٔ نان آسیاب می شد. آفتاب گردان امروزه به صورت تجاری جهت استخراج روغن خوراکی از دانه ها کشت می شود، استفاده از دانه های آنها در سطح جهان افزایش یافته است.

خانوادهٔ گندمیان Poaceae

اگرچه گونه های این خانواده حدود $\frac{1}{4}$ گونه های خانوادهٔ آفتاب گردان را تشکیل می دهند ولی از لحاظ تعدّد نمونه ها بزرگترین، و از لحاظ گسترش وسیعترین خانواده محسوب می شوند. گلهای علفیهای این خانواده دارای ساختار بسیار اختصاصی بوده و اصطلاحاتی ویژهٔ خود دارند (شکل ۲۴-۲۳). کاسه و جام گل به صورت فلسهای کوچک و آشکاری در می آیند و گلها توسّط براکته های قاشقی شکلی محافظت می گردند. کلاله ها، وقتی که ظاهر می شوند، چرمی بوده و برگها در قاعده ایجاد غلافی را حول ساقه می نمایند.



شکل ۲۴-۲۳ گلهای گندمیان: الف ـ یك سنبلك باز شدهٔ گندمیان؛ ب ـ یك گلچهٔ بزرگ شده

تمام گندمیان شامل گندم، جو، چاودار، جو دوسر، برنج، و ذرّت، همه متعلّق به این خانواده هستند و بطوری که قبلاً ذکر شد از ۱۰ گیاه ۹ گیاه جنبهٔ اقتصادی دارد. به راستی تا

آن جا که ما می دانیم تمدّن بشر بدون وجود این گیاهان بسیار متفاوت می شد. هر ساله بیش از ۹۰ میلیون تن غله که بیش از نصف جمعیّت جهان را تغذیه می نماید در شرق آمریکای شمالی و اروپا برداشت می شود.

نیشکر (شکل ۲۵-۲۳) که از آن سالانه حدود ۵۵ میلیون تن شکر استخراج می شود، در مناطق کم ارتفاع نواحی مرطوب گرمسیری کشت می گردد. نیشکر یک گرامنهٔ بلند است که غالباً ارتفاع آن به ۶ متر می رسد. پس از آنکه گیاه برداشت شد، شیرهٔ مایع آن فشرده و خارج می شود. گاهی از تفالهٔ جامد آن در تهیّهٔ کاغذ یا نرمهٔ چوب استفاده می گردد. از مواد زاید نیشکر همچنین در آفریقای جنوبی بنزین تهیّه می کنند و اکنون در هاوایی برای تولید نیروی برق از آن استفاده می شود. در طیّ چندین مرحله شکر متبلور شده و توسّط سانتریفوژ جداسازی می گردد. باقی ماندهٔ سیاه رنگ که به عنوان ملاس شناخته می شود، ممکن است اساس تولید عرق نیشکر یا الکل بشود.

شکل ۲۵-۲۳ گیاهان نیشکر

گندمیان توسّط انسانهای اوّلیه جهت تهیهٔ حصیر و سبد و همچنین برای تولید ملات و کاه گل کلبه ها به کار می رفته است. یک واریتهٔ سورگوم به خاطر الیافش که در تهیهٔ جارو به کار می رود کشت می شود، گرچه ترکیبات مصنوعی و سنتزی جانشین الیاف طبیعی شده است. بعضی واریته ها جهت دانه کشت می گردد و پس از فرآیند به شکل آرد در می آیند. دیگر غلاّت منبعی برای سیلو و علوفهٔ تازه هستند. روغن سیترونلا که زمانی بخش اصلی مادّهٔ ضدّ پشه بود از یک علف که در اندونزی کشت می شود به دست می آید. روغن سیترونلا اکنون در تهیّهٔ صابون، لوازم آرایش، و عطرهای ارزان قیمت به کار می رود. علفهای مشابهی منبع روغن علف لیمویی هستند که به صورتهای مشابه روغن سترونلا مصرف می شود.

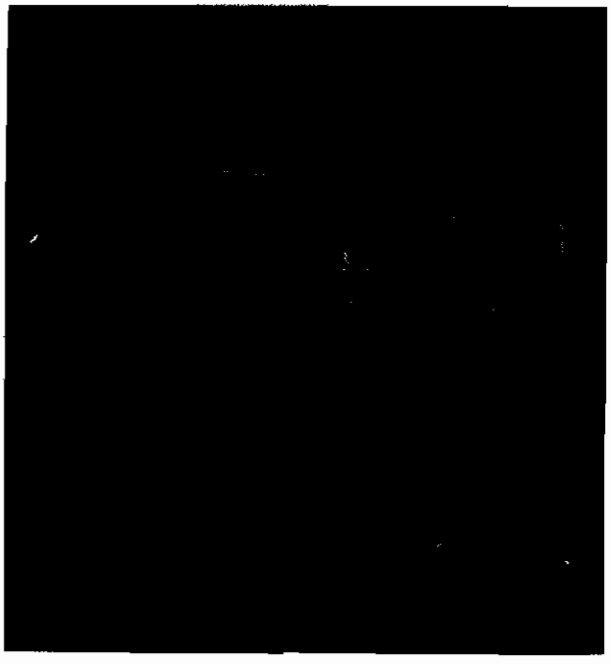
ثابت شده است که شیرهٔ فشرده شده از علوفهٔ جوان تازه چیده شده میزان بالایی پروتئین دارد و به عنوان منبع پروتئین برای مصرف آیندهٔ انسان مورد مطالعه قرار گرفته است.

خانوادهٔ سوسن Liliaceae

اگرچه ۲۰۰۰ گونه سوسنها به نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری اختصاص دارند، آنها تقریباً در هر محلّی که گیاهان قادر به رویش باشند وجود دارند. گلها اغلب درشت بوده و اجزای آنها مضربی از سه است و کاسبرگها همرنگ گل برگهاست (شکل ۲۶-۲۳). گلها مشابه گلهای خانوادهٔ نزدیک به آن یعنی آماریلیس هستند، ولی گلهای سوسن عموماً مادگی بالایی دارند در حالی که گلهای خانوادهٔ آماریلیس اکثراً واجد مادگی پایینی هستند.

علاوه بر انواع متعدّد سوسن که بطور وسیعی کاربرد زینتی دارند، این خانواده شامل مارچوبه، عشقهٔ بیابانی، پیاز حنضل، گل حسرت، استبرق و صبر زرد می شود. سارساپاریلا، که زمانی بطور وسیعی برای چاشنی نوشیدنیهای غیر الکلی و داروها استفاده می شد از ریشه های یک جنس گیاه بالا روندهٔ چوبی که ساقه هایش غالباً از تیغ پوشیده شده به دست می آید. پیاز حنضل منبع یک سمّ موش کش همچنین دارویی به عنوان محرّك قلب می باشد.

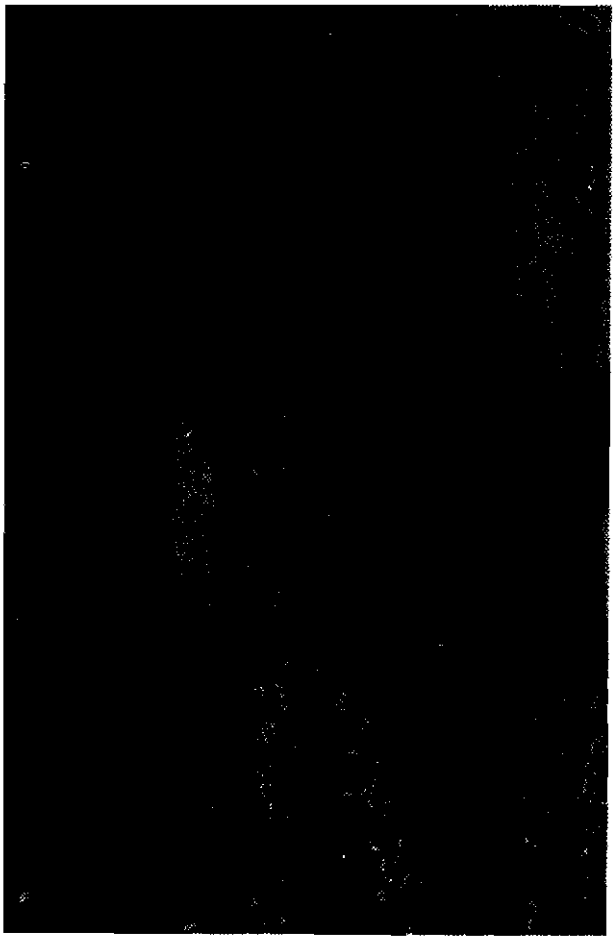
گل حسرت، منبع تهیّهٔ کلشی سین، ترکیب دارویی که زمانی در درمان روماتیسم و نقرس به کار می رفت می باشد؛ ولی اکنون در زراعت تجربی برای مداخله در تشکیل دوکهای تقسیم در سلّول استفاده می شود، بطوری که تعداد کروموزومهای گیاه بطور مصنوعی افزایش می یابد. این افزایش عدد کروموزومی، می تواند گیاهان درشت تر و نیرومندتری را به بار آورد. گل حسرت را نباید با زعفران که متعلّق به خانوادهٔ زنبق است و از آن گرانبهاترین چاشنی دنیا و یک رنگ زرد پایدار به دست می آید اشتباه کرد.



شکل ۲۶-۲۳ گل یك سوسن پلنگی

استبرق، خویشاوند گیاهی کاملاً آشنا و ظاهراً فناناپذیر گلخانه ای بنام سانسویریا (شکل ۲۷-۲۳) می باشد که دارای برگهای بلند و باریک و سفتی است که از قاعده بالا می آیند. این گیاه در مناطق گرمسیری آفریقا به خاطر الیاف طویلش که برای تولید ریسمان، کمان، حصیر و لباس کاربرد دارد کشت می شود. کتان زلاند نو که گیاه بزرگی است در آمریکای جنوبی و زلاند نو به منظور اهداف مشابهی پرورش داده می شود ولی به منظور گیاه زینتی نیز به فراوانی کشت می شود.

چندین گونه صبر زرد (*Aloe sp.*) تولید شیره ای می کنند که در درمان سوختگیهای حاصل از اشعّهٔ X و دیگر سوختگیها به کار می رود. گونه های صبر زرد آفریقایی به عنوان گیاهان زینتی در آب و هوای ملایم مورد توجّه هستند. برگهای گوشتی ضخیم آنها در حاشیه دارای تیغهای کوتاهی می باشند. این تیغها، زمانی جهت سوزن گرامافون به کار می رفت.

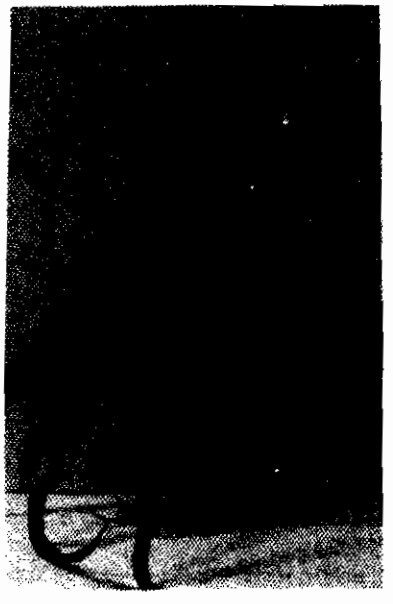


شکل ۲۷-۲۳ گیاه سان سه‌ویریا

تعدادی از پیازهای سوسن خوراکی بوده و به مصرف غذایی بومیان آمریکا می رسیده است. (بایستی توجّه داشت پیاز سوسن نباید با پیازهای نرگس و اعضای دیگر خانواده آماریلیس اشتباه شود، پیازهای نرگس و خویشاوندان آن شدیداً سمّی می باشند). امروزه استفادهٔ غذایی از آنها بایستی ترك شود زیرا در صورت استفادهٔ زیاد باعث معدوم شدن بسیاری از گونه ها می شود. یک عضو خانوادهٔ سوسن محدود به کالیفرنیا و جنوب ارگون بنام ریشهٔ صابونی کالیفرنیایی (*Chlorogalum pomeridianum*) (شکل ۲۸-۲۳) علاوه بر استفاده های

مهمّ غذایی برای بومیان این مناطق، چندین کاربرد داشته است. پیازهای درشت با الیاف زبری پوشیده شده است. این الیاف جدا شده و برای درست کردن جاروب کوچک به چوب بسته می شد. خود پیازها در آب کفی را تولید می کند و برای صابون سازی استفاده می گردید. گاهی تعدادی از پیازها خُرد شده و در جریان ابی که جلو آن سد شده پرتاب می شد، در نتیجه ماهیها گیج و روی سطح آب شناور می شدند. پیازها معمولاً روی سنگ و به وسیلهٔ آتش کباب شده و به مصرف غذایی می رسیده است. زمانی که پیازها روی آتش کباب می شوند شیره ای از آنها بیرون می آید که جهت چسباندن پر به میلهٔ نیزه ها کاربرد داشت.

یک رزین که در رنگ آمیزی و جلادهی کاربرد دارد از ساقهٔ گیاه دراسنیا (*Dracaena sp.*) ترشّح می شود. رزین گیاه زانتوریا (*Xanthorrhea spp.*) در استرالیا جهت درزگیری و جلادهی به کار رفته است.



شکل ۲۸-۲۳ یک گیاه ریشه صابونی کالیفرنیایی که از خاک بیرون آورده شده است.

خانوادهٔ ارکیده Orchidaceae ثعلب

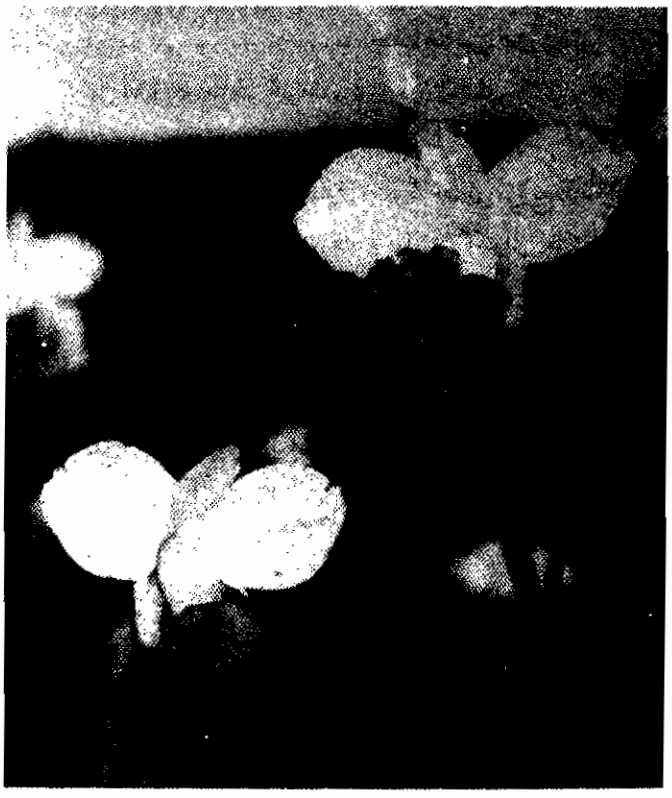
گیاهان این خانوادهٔ بسیار بزرگ که بر طبق شواهد بیش از ۳۵۰۰۰ گونه دارد پراکنش وسیعی دارند اگرچه مانند خانوادهٔ سوسن در مناطق گرمسیری فراوانترند. در بسیاری از جنسها در بعضی مناطق گونه های متعلّقه ممکن است بسیار کم باشد و گاهی تنها به یک گونه محدود می شود.

گلها از نظر اندازه و شکل، اختلافات فوق العاده ای را نشان داده و زیستگاههای آنها به همین نسبت متنوّع می باشند. گلهای یک گونه ونزوئلایی قطری کمتر از ۱ میلی متر دارد در حالی که طول گلهای گونه های بومی ماداگاسکار ممکن است از ۴۵ سانتیمتر هم تجاوز کند. یک گونه ارکیدهٔ دندروبیوم (Dendrobium sp.) از جاوه گلهایی دارد که بسیار ظریف و حسّاس بوده و ۴ تا ۶ دقیقه بعد از شکوفایی از بین می روند. تعدادی از ارکیده ها برروی تنهٔ درختان به صورت اپی فیت می رویند. یکی از این گونه های اپی فیت که بومی مالزی و جزایر فیلی پین است در مدّت ۵ ماه فصل گلدهی، ۱۰۰۰۰ گل به وزن بیش از یک تن روی هر گیاه تولید می کند. بقیّه آب زی یا خاك زی هستند و یک گونه ساپروفیت بومی غرب استرالیا، رویش و گل دهی آن کاملاً زیر زمین انجام می شود (شکل ۱-۸).

ارکیده ها معمولاً سه کاسبرگ و سه گل برگ دارند که یکی از گل برگها (گل برگ لب) از نظر شکل از دو گل برگ دیگر متفاوت است (شکل ۲۹-۲۳). پرچمها و مادگی به شکل یک ساختمان واحد درهم ادغام شده و یک ستونک را تشکیل می دهند (شکل ۷-۲۲) که ویژگی منحصر به فرد این خانواده می باشد. کلاله غالباً به صورت فرو رفتگی چسبناکی روی ستونک بوده و پرچمها که دارای کیسه ای از دانه های گرده بنام پولینی هستند زمانی که به وسیلهٔ یک حشره یا گرده افشان دیگر برداشته شوند معمولاً به وسیلهٔ یک کلاهک پوشیده شده اند. سازش اختصاصی بین گلهای ارکیده و گرده افشانهایشان شگفت آور و گاهی عجیب و غریب می باشد (شکل ۱۶-۲۲).

ارکیده ها دانه های ریزی تولید می کنند که اغلب به تعداد غیر عادی تولید می شوند. برای مثال یک میوه گونهٔ خاصّی از ارکیده ممکن است بیش از یک میلیون دانه تولید کند. هر دانه فقط دارای چند سلّول است که برای رویش خود نیساز به یک قارچ

میکوریز دارد. از زمانی که دانه رویش کند ممکن است ۶ تا ۱۲ سال طول بکشد تا اولیّن گل ظاهر شود.



شکل ۲۹-۲۳ گل ارکیده وحشی هاوائی

برخلاف نظر عمومی بعضی از ارکیده ها را می توان برروی بسترهایی که توسّط نور ولی نه نور مستقیم آفتاب روشن شده بسادگی کشت داد. چون ارکیده ها از جمله زیباترین گلها و مورد توجه خاصّ هستند یک صنعت بزرگ جهت کشت و پرورش آنها ایجاد شده است. ارکیدهٔ وانیل در نواحی گرمسیری جهت استفاده از میوهٔ آن که منبع مهمّی برای چاشنی وانیل حقیقی می باشد به صورت تجارتی کشت می شود.

خلاصه

۱. تشخیص بین حقایق و خرافات در کاربرد گیاهان در گذشته غالباً مشکل است. گیاهان برخلاف استفادهٔ آنها بر پایهٔ خرافات که بدون اطّلاعات علمی صورت می گرفته، ارزشهای حقیقی دارویی نیز داشته اند. در حال حاضر گروههایی از متخصصین با داروشناسان بومی قبایل در مناطق گرمسیری و در راستای تلاش برای نجات گیاهان از نابودی گفتگو می کنند.

۲. واویلف براساس کارهای گذشتهٔ دوکاندول ۸ مرکز اصلی توزیع گیاهان زراعی را تعیین نمود. این مراکز در چین، هندوستان، هند و مالایا، آسیای مرکزی، خاور نزدیک، مدیترانه، ناحیهٔ اتیوپی در آفریقا، آمریکای مرکزی و مجاور جنوب مکزیک، و آمریکای جنوبی (با مراکز مستقلی در پرو، اکوادور، بولیوی، جزیرهٔ شیلی، برزیل، و پاراگوئه) قرار دارند.

۳. خانواده های گیاهان گلدار تا حدّی براساس فیلوژنی مرتب می شوند.

۴. خانوادهٔ آلاله شامل آلاله، تاج الملوك، زبان در قفا، شقایق نعمانی، آقونیطون، کلماتیس، هیداستیس و اکونیت می شود.

۵. خانوادهٔ برگ بو شامل دارچین، کافور، ساسافراس، آووکاد، برگ بو و غیره می باشد.

۶. خانوادهٔ شقایق شامل شقایق وحشی، خشخاش تریاك(منبع داروهای طبّی و هروئین)است.

۷. خانوادهٔ خردل شامل کلم، گل کلم، کلم بروکسل، تربچه، کلم قمری، شلغم، ترتیزك، کیسه کشیش، کاملینا و غیره می باشد.

۸. خانوادهٔ گل سرخ شامل میوه های شفت (مانند گیلاس، زردآلو، هلو، آلو)، توت فرنگی، تمشک، گل سرخ (که میوه های آنها منبع ویتامین C است) و گونه های وحشی وابسته به آنها است.

۹. خانوادهٔ حبوبات شامل نیام داران (مانند نخود، لوبیا، عدس، بادام زمینی)، یونجه، شبدر، شیرین بیان، آکاسیا (منبع تانن)، گیاه نیل، چوب سرخ، طاووسی، گیاه حسّاس و لوبیای بالدار (یک لولیای گرمسیری با میزان بالایی از پروتئین) می باشد.

۱۰. خانوادهٔ فرفیون شامل فرفیون، بنت قنسول، کاساوا، درخت لاستیک، کاندلیلا، کرچک، لوبیای جهندهٔ مکزیکی و غیره می شود.

۱۱. خانوادهٔ کاکتوس شامل تمام کاکتوسها(مانند اپونتیا، کاکتوس بشکه ای، پیوت وغیره)است.

۱۲. خانوادهٔ نعناع، رزماری، پونه، مریم گلی، مرزنگوش، آویشن، ریحان، اسطوخودوس، علف گربه، نعناع، گندنای کوهی، سالوی، حسن یوسف و غیره را شامل می شود.

۱۳. خانوادهٔ تاجریزی شامل گوجه فرنگی، سیب زمینی سفید، بادمجان، فلفل، توتون، بلادون (یک منبع داروی طبّی)، اطلسی، و تاتوره (منبع داروی ایجادکنندهٔ مالیخولیا) می باشد.

۱۴. خانوادهٔ هویج شامل شوید، کرفس، هویج، جعفری، زیره، گشنیز، رازیانه، انیسون، هویج سفید، شوکران آبی و شوکران است.

۱۵. خانوادهٔ کدو شامل کدو، کدو تنبل، خیار، طالبی، هندوانه، گیاه اسفنجی، کدو قلیانی، ملونت، و من روت می شود.

۱۶. خانوادهٔ آفتاب گردان شامل آفتاب گردان، گل قاصد، کاهو، کاسنی، سیب زمینی ترشی، کوکب، داوودی، همیشه بهار، شکر تیغال، درمنه، بومادران و غیره می باشد.

۱۷. خانوادهٔ گندمیان شامل تمام غلاّت (مانند گندم، جو، جو دوسر، چاودار، برنج، ذرّت)، نیشکر، سورگوم، و غیره است.

۱۸. خانوادهٔ سوسن شامل سوسنها، مارچوبه، پیاز حنضل، گل حسرت، سانسه ویریا، صبر زرد، کتان زلاندی، و غیره می شود.

۱۹. خانوادهٔ ارکیده گلهای فوق العاده تخصّصی دارد، این خانواده دارای گونه ای است که منبع چاشنی وانیل می باشد.

پرسشهای یادآوری

۱. هرکدام از موارد زیر به کدام خانوادهٔ گیاهان گلدار تعلّق دارد؟ بنت قنسول، لوپن، زبان در قفا، هلو، گلابی، دارچین، بلادون، پیوت، گندنای کوهی، لاستیک، کدو قلیایی، تاتوره، جعفری، سورگوم، مارچوبه، کلم بروکسل، کاهو، گوجه فرنگی، تریاك.

۲. فهرستی از گیاهان سمّی خانواده های مورد بحث تهیّه نمایید.

۳. کدام گیاهان توضیح داده شده دارویی بوده و یا کاربرد دارویی داشته است؟

۴. کدام گیاهان جهت تهیّهٔ لوازم و وسایل کاربرد داشته است؟

۵. بومیان آمریکایی استفادهٔ گسترده ای از گیاهان به منظور رسیدن به اهداف مختلف می نمودند، چندین کاربرد را برای چندین گیاه تا جایی که ممکن است فهرست کنید.

پرسشهای تشریحی

۱. تحقیقات علمی غالباً نیاز به صرف وقت و پول دارد. آیا ارزش دارد که در زمینهٔ کاربرد گیاهان در گذشته، تلاش کرد؟

۲. بازگشت مطلق به داروهای گیاهی در بعضی جاها طرفدارانی دارد. ایا این عقیدهٔ خوبی است؟ جنبه های مثبت و منفی آن چیست؟

۳. آیا شما فکر می کنید داروهای طبیعی تولید شده به وسیلهٔ گیاهان تأثیر بیشتری از داروهای سنتز شده دارند؟ چرا؟

۴. اگر از شما خواسته شود که ۳ خانواده از مهمترین ۱۶ خانوادهٔ گیاهان گلدار بحث شده را انتخاب نمایید کدامین را انتخاب می کنید و چرا؟

۵. تعدادی از گیاهان خوراکی وحشی در این فصل بررسی شد، چه اتّفاقی می افتد اگر بخش زیادی از جمعیت این گیاهان وحشی را جهت منبع اصلی غذایی جمع آوری می کردند؟

منابع اضافی

Advisory Committee on Technology Innovation. 1975. *Underexploited tropical plants with promising economic value.* Washington, DC: National Academy of Sciences.

———. 1978. *Field guide to medicinal wild plants.* Harrisburg, PA: Stackpole Books.

Brown, T., Jr. 1985. *Tom Brown's guide to edible and medicinal plants.* New York: Berkley Publishing.

Gibbons, E. 1987. *Stalking the wild asparagus.* New York: David McKay Co.

Hardin, J. W., and J. M. Arena. 1974. *Human poisoning from native and cultivated plants.* Durham, NC: Duke University Press.

Harrington, H. D. 1974. *Edible native plants of the Rocky Mountains.* Albuquerque: University of New Mexico Press.

Heiser, C. B., Jr. 1985. *Of plants and people.* Norman, OK: University of Oklahoma Press.

Kingsbury, J. M. 1964. *Poisonous plants of the United States and Canada,* 3d ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Kirk, D. R. 1975. *Wild edible plants of the western United States,* Colored ed. Healdsburg, CA: Naturegraph Publishers.

Krochmal, A., and C. Krochmal. 1984. *A field guide to the medicinal plants.* New York: Times Books.

Kunkel, G. 1984. *Plants for human consumption: annotated checklist of edible phanerogams and ferns.* Forestburgh, NY: Lubrecht and Cramer.

Lewis, W. H., and M. P. F. Elvin-Lewis. 1982. *Medical botany: Plants affecting man's health.* New York: John Wiley and Sons.

Radford, A. E. 1986. *Fundamentals of plant systematics.* New York: Harper and Row, Publishers.

Schery, R. W. 1972. *Plants for man,* 2d ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Simpson, B. B., and M. Conner-Orgarzaly. 1986. *Economic botany.* Hightstown, NJ: McGraw-Hill Book Co.

Sweet, M. 1976. *Common edible and useful plants of the west,* rev. ed. Healdsburg, CA: Naturegraph Publishers.

Turner, N. J. 1975. *Food plants of British Columbia Indians, Part 1: Coastal peoples.* Victoria: British Columbia Provincial Museum.

Turner, N. J., and A. F. Szczawinski. 1980. *Wild green vegetables of Canada.* Chicago: University of Chicago Press.

Van Allen Murphey, E. 1987. *Indian uses of native plants,* 3d ed. Glenwood, IL: Meyer Books.

فصل بیستم و چهارم ـ اکولوژی

رؤوس مطالب

برخی اهداف فراگیری
نظر اجمالی
مقدّمه
جمعیّتها، جوامع و اکوسیستمها
جمعیّتها
جوامع
اکوسیستمها
اثرات متقابل بین گیاهان، گیاه‌خواران، و موجودات دیگر
چرخهٔ نیتروژن
چرخهٔ کربن
توالی
توالی اوّلیه
توالی خشکی
توالی آبی
توالی ثانویّه
اکولوژی آتش
انسان در اکوسیستم
اثر گلخانه‌ای
دی‌اکسید کربن
متان
بارانهای اسیدی
لایهٔ اُزُن
آلودگی آب
جوامع حیاتی آمریکای شمالی
توندرا
تایگا
جنگلهای برگ ریز معتدله
علفزارها
بیابانها
جنگلهای کوهستانی
جنگلهای بارانی گرمسیری
آیندهٔ حیات جنگلهای بارانی گرمسیری
خلاصه
پرسشهای یادآوری
پرسشهای تشریحی
منابع اضافی

توالی در دریاچه‌ای در شمال کالیفرنیا

فصل بیست و چهارم

اکولوژی

برخی اهداف فراگیری

۱ - شناخت عملکرد تولید کننده ها، مصرف کننده های اوّلیه، مصرف کننده های ثانویّه و تجزیه کننده های موجود در اکوسیستم.

۲ - تفهیم چرخه ای بودن انرژی در یک اکوسیستم.

۳- شناخت حدّاقل ده روش که انسان موجب تخریب اکوسیستم شده است.

۴- فراگیری نحوهٔ به چرخه در آمدن نیتروژن و کربن.

۵- تعریف توالی و شناخت توالی که از صخره های برهنه شروع می شود.

۶- تعریف اکوتیپ، توالی ثانویّه، غنی سازی، و رویشهای پایا (کلیماکس).

۷- شناخت بیومهای اصلی آمریکای شمالی و شرح مهمترین اعضای زندهٔ هرکدام.

نظر اجمالی

این فصل بعضی از موضوعات اکولوژیکی را که قبلاً در جای دیگر مورد بحث مفصل قرار نگرفته است مورد بررسی قرار می دهد. ابتدا جمعیّتها و اجتماعات و اکوسیستمها، توضیح داده خواهد شد؛ و متعاقب آن، نگاه مختصری به تولیدکننده های اوّلیه و ثانویّه، مصرف کننده ها،

تجزیه کننده ها و زنجیرهٔ غذایی خواهیم داشت. پس از آن، جریان انرژی در یک اکوسیستم توضیح داده شده و چرخهٔ ازت و کربن معرّفی می شوند. بحث توالی و اکولوژی آتش دنبال می شود و سپس تخریب اکوسیستم توسّط انسان؛ شامل اثر گلخانه ای، بارانهای اسیدی، لایهٔ اُزُن و آلودگی آب، شرح داده خواهد شد. این فصل سرانجام با شرحی در زمینهٔ جوامع حیاتی (بیومها) مهمّ آمریکای شمالی و کلّیاتی در مورد فون و فلور آنها خاتمه می یابد.

مقدّمه

اگرچه دانشمندان و دیگران از چندین دههٔ گذشتهٔ متوجّه خطرات ناشی از بی توجّهی بشر بر روی محیط زیست شده اند، لیکن این امر تا دههٔ ۱۹۸۰ تبلیغات دامنه داری را به خود نگرفت. در این دهه، عنوانهایی نظیر تأثیرات بارانهای اسیدی بر جنگلها و دریاچه ها، اثر گلخانه ای، آلودگی آبهای زیر زمینی به وسیلهٔ نیتراتها، حشره کشها، کاهش لایه اُزُن، تغییرات کلّی آب و هوایی کرهٔ زمین، کاهش جنگلهای پرباران گرمسیری، و موضوعات مشابهی مطرح شده است. این مشکلات محیط زیست، بحثهای اکولوژی را تشکیل می دهند. اکولوژی یک رشتهٔ وسیع و گسترده ای از زیست شناسی است که نه تنها مربوط به روابط بین گیاهان و جانوران می شود بلکه بطور علمی به روابط بین موجودات زنده با یکدیگر و با محیط می پردازد.

واژهٔ اکولوژی اوّلین بار توسّط زیست شناسی آلمانی بنام ارنست هکل در سال ۱۸۶۹ پیشنهاد شده و اکولوژی به صورت رشته ای از تحقیقات زیست شناسی شناخته می شد. لیکن نقطهٔ شروع اکولوژی به تمدّنهای کهن زمانی که بشر فرا گرفت محیط زیست خود را با استفاده از ابزار و آتش تغییر دهد بر می گردد. اکولوژی از دههٔ ۱۹۶۰ یک واژهٔ همگانی شد ولی اغلب بطور اشتباه معادل شرایط محیطی مورد استفاده قرار گرفت. در حجم این کتاب ممکن نیست بتوان بیش از معرّفی تعدادی از جنبه های مطالعاتی اکولوژی و اهمیّت محیط زیست، فراتر رفت.

تنها در دو دههٔ اخیر موضوعاتی نظیر اثر آلودگی روی خشکی، آب و انسان بطور گسترده ای در رسانه ها و نشریات علمی گزارش شده است. طیّ این دوران تلاشهایی جهت جبران یا جلوگیری از خسارات زیست محیطی ازطریق جمع آوری گزارشات و طرحهای

تحقیقاتی شده است. این گزارشات اطّلاعاتی را در دسترس شرکتهای مختلف قرار می دهد که از طریق آنها بتوان آثاری را که یک طرح صنعتی بر روی فون و فلور و محیط فیزیکی می گذارد پیش بینی کرد و قبل از آن که طرح تصویب شود بتوان اقداماتی را در مورد کاهش آلودگی انجام داد. این جریان گاهی باعث به وجود آمدن مناقشات شدید و بحثهای حاد بین دست اندرکاران صنایع و کسانی که احساس می کنند حفاظت از محیط زیست در درجهٔ اوّل اهمیّت قرار دارد می شود.

جنبه های مختلفی از اکولوژی در فصول قبل توضیح داده شد. خاك و موجودات زندهٔ آن در فصل ۹، برخی از سازگاریهای برگها در ارتباط با محیطهای اختصاصی در فصل ۷، تأثیر نور و دما روی گیاهان در فصول ۱۰ و ۱۱ مورد بررسی قرار گرفت. موضوعات دیگر و مهمّ اکولوژی پیکرهٔ این فصل را تشکیل می دهد. برای دست یابی به مطالعات عمیقتر، خواننده به قسمت منابع اضافی ارجاع داده می شود.

جمعیّتها، جوامع، و اکوسیستمها

می دانیم که گیاهان، جانوران و موجودات دیگر تمایل دارند به طرق مختلف با یکدیگر و با محیط فیزیکی خود ارتباط برقرار کنند. به عنوان مثال، جنگل برای جمعیتهایی (گروههایی از افراد یک گونه) از درختان یا گیاهان دیگر که یک جامعهٔ گیاهی (ترکیبی متشکّل از تمام جمعیتهای گیاهی در یک ناحیهٔ مشخّص) را تشکیل می دهند به کار می رود. فلور گل سنگها و خزه های روی یک صخره نیز یک جامعه را تشکیل می دهند مشابه آنچه که علفهای هرز دریایی در یک استخر جذر و مدّی قرار دارند (شکل ۱-۲۴). ولی این جوامع بطور تغییر ناپذیری جانوران و موجودات زندهٔ دیگر را دارا هستند که با آنها رابطه دارند. بنابراین ترجیحاً به صورت واحدی متشکّل از تمام جمعیّتهای یک ناحیهٔ مشخّص و تحت عنوان یک جامعهٔ حیاتی یا بیوم مطرح می شوند. در نظر گرفتن جوامع و محیط فیزیکی باهم به نحوی که تداخل و آثار متقابلی به وسیلهٔ فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی را شامل شود، اکوسیستم نام دارد. بعضی جمعیّتها، جوامع و اکوسیستمها ممکن است میکروسکپی باشند،

در حالی که بعضی دیگر در مقیاس خیلی بزرگتر و یا حتّی در سطح کرهٔ زمین مطرح می شوند.

شکل ۱-۲۴ یك جامعهٔ استخر دریایی در هنگام جزر.

جمعیّتها

جمعیتها ممکن است در تعداد، تراکم، و جرم کل افراد، متفاوت باشند. برحسب شرایط موجود، یک زیست شناس در صحرا ممکن است جمعیتّی را به روشهای مختلف بررسی کند. به عنوان مثال، اگر حفاظت از یک گونهٔ کمیاب و در حال انقراض هدف باشد سازمان مربوطه بسادگی می تواند تعداد افراد را شماره نماید اگرچه همیشه امکان پذیر نیست. اگر شمارش امکان پذیر نباشد سازمان می تواند تراکم (تعداد افراد در واحد حجم مثلاً ۵ بوتهٔ سنبل کوهی در متر مربّع) جمعیّت را تخمین بزند. اگر افراد یک جمعیّت از نظر اندازه بسیار متفاوت باشند یا تجمّعهای ناهمگن داشته باشند، تخمین بهتر جمعیّت برای اکوسیستم ممکن است از طریق تعیین تودهٔ زنده (جرم کل افراد موجود) محاسبه شود. مطالعات جمعیّت همچنین اکولوژی تولید مثل و فیزیولوژی همراه با جدول بندی عواملی مانند گرده افشانی، پراکنش و رویش دانه، برقراری حیات گیاهچه و گیاه را در جمعیّت گیاهی شامل می شوند.

جوامع

جوامع، شامل جمعیّتهای یک تا تعدادی گونه از موجودات زنده می باشند که در کنار یکدیگر و در یک محل تشکیل می شوند. در شرایط محیطی مشابه جوامع مشابهی تشکیل می گردند اگرچه ترکیب گونه های حقیقی ممکن است از یک محل تا محلّ دیگر تفاوت قابل ملاحظه ای را نشان دهد. در هر صورت شناخت دقیق یک جامعه مشکل است زیرا گونه های یک جامعه ممکن است در جوامع دیگر نیز وجود داشته باشند. به علاوه، گونه های یک جامعه امکان دارد نسبت به آن جامعه سازشهای ژنتیکی اختصاصی داشته باشند. بطوری که اگر افراد یک جامعه به جامعهٔ دیگر که گونه های مشابه دارد منتقل شوند ضرورةً در کنار همتای خود در محیط جدید قادر به ادامه حیات نمی باشند. افرادی که با جوامع ویژه ای که درون آن پراکنش سرتاسری دارند سازگاری پیدا کرده اند، اکوتیپ گفته می شوند.

تجزیه و طبقه بندی جوامع برای تهیّهٔ نقشه هایی که اساس فعالیتهایی نظیر طرحهای استفاده از زمین، جنگل داری، مدیریت منابع طبیعی و تمرینات و مانورهای نظامی را تشکیل می دهد اهمیّت دارد.

اکوسیستم

موجودات زنده که با یکدیگر و با عوامل غیر زنده محیط دارای اثر متقابل هستند یک اکوسیستم را تشکیل می دهند. عوامل غیر زندهٔ محیط شامل نور، دما، میزان اکسیژن، جریان هوا، رطوبت، انرژی، و نوع خاك می باشند. توزیع یک گونهٔ گیاهی در یک اکوسیستم غالباً برحسب دما، رطوبت، نوع خاك و تأثیر موجودات زندهٔ دیگر (عوامل حیاتی) کنترل می شود. در آب و هوای مدیترانه ای مثل بخشهایی از کالیفرنیا و شیلی تقریباً تمام رطوبت مربوط به ماههای زمستان می باشد و تابستان خشک است. این نوع آب و هوا برای گیاهان یک سالهٔ بهاره که دورهٔ زندگی خود را تا تابستان کامل می کنند و بوته های همیشه سبز که نسبت به دوره های طولانی خشکی تحمّل پذیر شده اند مطلوب می باشد. جنگلها در نواحی دارای زمستانهای سخت وجود دارند. نزولات برف، خاك را عمیقاً اشباع می کنند. بنابراین، کمبود رطوبت در تابستان از این طریق جبران می شود.

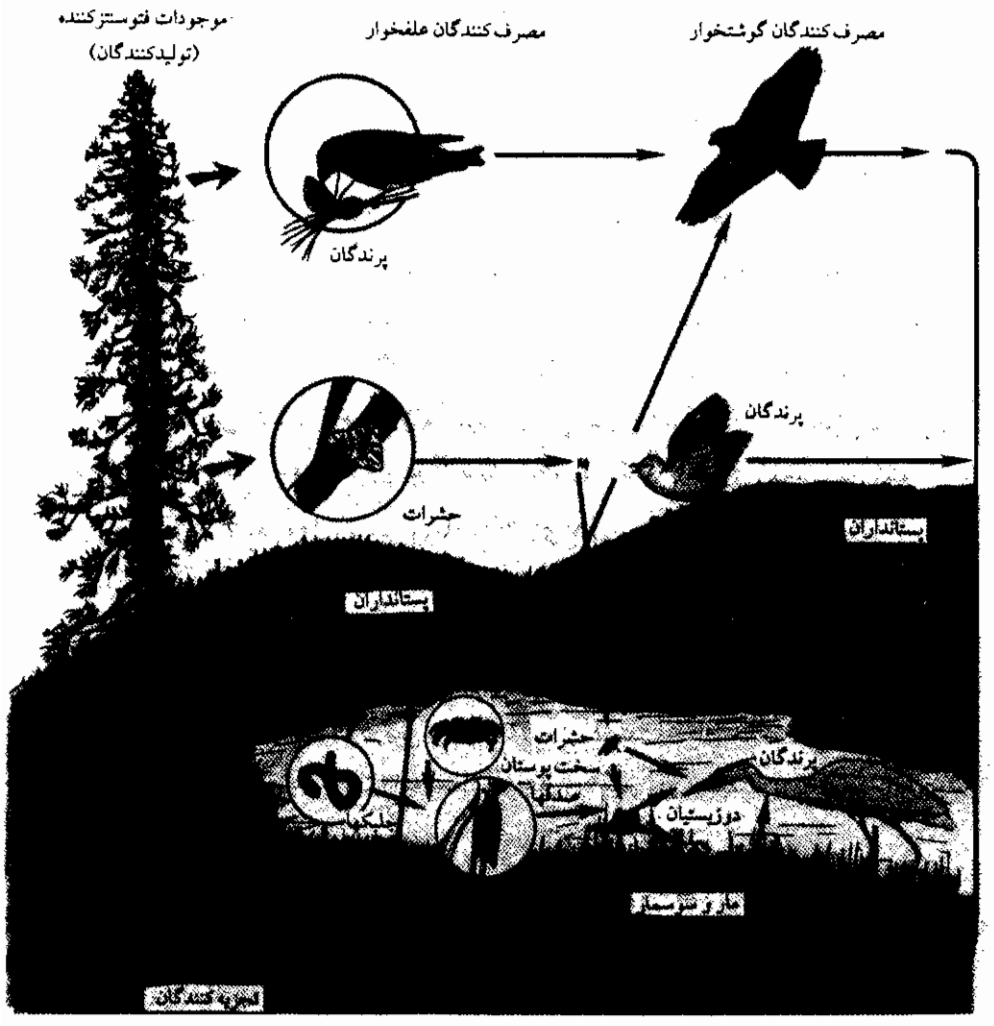
گونه های گیاهی که بطور طبیعی در نواحی با رطوبت کم و دمای بالا (زروفیتها) وجود دارند عموماً تغییراتی را در برگها و بخشهای دیگر گیاه (بحثهای مربوط به برگهای تخصیص یافته در فصل ۷ و تنظیم تنفّس در فصل ۹) داده و تنفّس را کاهش می دهند و بدین صورت آنها با محیطهای اختصاصی سازش یافته اند. گیاهان نواحی خشک ممکن است اشکال خاصّی از فتوسنتز (مانند فتوسنتز CAM مندرج در فصل ۱۰) را داشته باشند. بطور مشابه گیاهان آب زی (هیدروفیتها) تغییراتی را جهت سازش با محیط آبی دارا هستند (فصل ۷).

محتویات موادّ معدنی خاك، نقش مهمّی را در جهت گیری پراکنش گونه های گیاهی ایفا می کنند. به عنوان مثال، خاکهای سرپنتین که دارای مقادیر نسبةً زیادی منیزیوم، آهن، و معمولاً روی و کروم و مقادیر کمی کلسیم و ازت می باشند غالباً از گونه هایی حمایت می کنند که در خاکهای غیر سرپنتین مجاور مشاهده نمی شوند. عوامل حیاتی مانند رقابت برای نور، و آب موجود و غذا و مصرف آنها برای جانوران متعلّق به جامعهٔ حیاتی، پراکندگی گونه ها را تحت تأثیر قرار می دهند.

بطور مطلوب، اکوسیستمها خود را از طریق فعّالیتهای فتوسنتزی، انرژی منتقل شده توسّط زنجیره های غذایی، و چرخش مجدّد موادّ غذایی پایدار نگاه می دارند. موجوداتی که قادرند فتوسنتز انجام دهند، انرژی نوری را دریافت و در کنار دی اکسید کربن و آب به مولکوهای ذخیره کننده، انرژی تبدیل می کنند. چنین موجودات زنده ای *تولید کننده* نام دارند، جانورانی مانند گاوها، گوزنها، و کرمها مستقیماً از تولید کننده تغذیه می کنند. اینها مصرف کننده های اوّلیه هستند. مصرف کننده های ثانویه مانند ببرها، وزغها، و مگسهای تسه تسه، از مصرف کننده های اوّلیه تغذیه می کنند. تجزیه کنندگان، ترکیبات آلی را به صورتی که برای تولید کنندگان مجدّداً قابل جذب باشد، تجزیه می کنند. بهترین تجزیه کنندگان در هر اکوسیستم باکتریها و قارچها می باشند.

در هر اکوسیستمی، عمل متقابل تولید کنندگان و مصرف کنندگان تشکیل زنجیرهٔ غذایی و یا شبکهٔ پیوسته غذایی را می دهند که جریان انرژی را در سطوح مختلف تعیین می کند (شکل ۲-۲۴). چون بیشتر موجودات بیش از یک منبع غذایی واحد دارند و خودشان نیز اغلب توسّط مصرف کنندگان مختلفی

به مصرف می رسند، لذا تفاوت بارزی از نظر طول و پیچیدگی زنجیره یا شبکهٔ غذایی وجود دارد.



شکل ۲-۲۴ یك زنجیرهٔ غذایی (شبکهٔ غذایی).

خود انرژی که در سطح تولید کننده وارد می شود نمی تواند در یک اکوسیستم مجدّداً به چرخش در آید. فقط حدود یک درصد انرژی نوری تابیده به یک جامعهٔ گیاهی منطقهٔ معتدله به موادّ آلی تبدیل می شود. از آن جایی که موجودات زنده در هر سطحی تنفّس انجام می دهند، انرژی تدریجاً به صورت گرما به اتمسفر بر می گردد. علاوه بر آن بخشهایی از موجودات زنده در سطوح بعدی زنجیرهٔ غذایی مصرف نمی شوند. به عنوان مثال، انرژی موجود در برگهایی که قبل از مصرف توسّط یک گیاه خوار از درخت می ریزند، هنگامی که برگها توسّط تجزیه کنندگان (باکتریها و قارچها) تجزیه شوند آزاد می گردد. محاسبه شده است زمانی که یک گوساله چَرا می کند تنها حدود ۱۰ درصد انرژی ذخیره شده در گیاهان مورد تغذیه به بافتهای جانوری تبدیل می شود، بقیّهٔ انرژی به صورت گرما به اتمسفر بر می گردد. زمانی که ما گوشت مصرف می کنیم به سختی تنها ۱۰ درصد انرژی آن به بدن ما منتقل می شود یعنی درحقیقت یک درصد انرژی اوّلیه. اگر ما کاهو را مستقیماً مصرف کنیم ۱۰ درصد انرژی بیشتر را در حالتی مصرف می کنیم که کاهو ابتدا به وسیلهٔ حیوانی خورده شده و سپس ما از گوشت حیوان تغذیه کنیم. (البتّه مقدار حقیقی انرژی در گرم کاهو به مراتب کمتر از انرژی گوشت می باشد).

برعکس در زنجیره های غذایی کوتاهتر، انرژی کمتری در بین سطوح از دست می رود. برای مثال فرض کنیم برای هر ۱۰۰ کالری انرژی نوری تابیده شده به گیاه کاهو بطور روزانه ۱۰ کالری به بافتهای کاهو تبدیل می شوند. اگر در نظر بگیریم که کاهو به وسیلهٔ خوکها مصرف شود مجدّداً ۱۰ درصد یا تنها یک کالری از انرژی اوّلیه می تواند به بافتهای جانوری تبدیل گردند. حال اگر انسان به عنوان دومین مصرف کننده از گوشت خوك تغذیه کند ۱۰ درصد از انرژی ذخیره شده در گوشت خوك را به دست خواهد آورد یعنی در حقیقت ۰/۱ درصد انرژی اوّلیه یا ۰/۱ کالری.

از این بحث نتیجه می گیریم که یک رژیم گیاه خواری از مقدار بسیار زیادتری انرژی خورشیدی نسبت به فردی که شدیداً وابسته به مصرف گوشت است استفاده می کند. در مکانهایی که موادّ غذایی کمیاب و جمعیّت زیاد است (مانند هندوستان و اتیوپی) انسانها اجباراً گیاه خوار می شوند. همچنین نتیجه می گیریم که برحسب تعداد افراد و مجموع جرم در هر سطح در زنجیرهٔ غذایی کاهش قابل ملاحظه ای وجود دارد. به عنوان مثال در یک ناحیه از اقیانوس ممکن است میلیاردها تولید کننده های جلبکی مکروسکپی، میلیونها مصرف کنندهٔ سخت پوست را تغذیه کنند که خود مورد تغذیهٔ هزاران ماهی واقع می شوند. این ماهیها نیز غذای

مورد نیاز تعداد زیادی ماهیهای متوسّط الجثّه را تشکیل می دهند و آنها سرانجام به وسیلهٔ یک یا دو ماهی درشت مصرف می شوند (شکل ۳-۲۴). به عبارت دیگر یک ماهی بزرگ ممکن است وابسته به یک میلیارد جلبک ریز باشد تا انرژی مورد نیاز روزانه اش را تأمین کند.

شکل ۳-۲۴ هرم انرژی در یك اکوسیستم، در پایین هرم انرژی بسیار زیادتر وجود دارد تا بالای آن.

ارتباطات و اعمال متقابل یک اکوسیستم می توانند کاملاً پیچیده باشند، ولی تمام آنها باهم به صورت یک سیستم منظّم عمل می کنند. افزایش مادّهٔ غذایی تولید شده توسّط تولید کنندگان می تواند باعث افزایش مصرف کننده ها شود. لیکن افزایش مصرف کننده ها موادّ غذایی را کاهش داده و بطور اجتناب ناپذیری منجر به کاهش مصرف کننده ها در سطوح ماقبل می شود. مادام که طبیعت در گردش است، شبکهٔ حاصل باعث بقای خود به خودی اکوسیستم می گردد. این پایداری خود به خودی اساس اصطلاح معروف «موازنهٔ طبیعت» را تشکیل می دهد.

عمل متقابل بین گیاهان، علف خواران و موجودات دیگر

در حالی که بسادگی مشاهده می شود که مجموع جرم مصرف کننده ها شدیداً به وسیلهٔ جرم موادّ غذایی تولید شده توسّط تولید کننده ها تعیین می شود، در کنار آن تداخل عمل بین خود تولید کننده ها و همچنین تجزیه کنندگان و اعضای دیگر اکوسیستم بسیار دقیق است. تعدادی از گیاهان گلدار موادّی را تولید می کنند که یا مانع رشد و یا محرك رشد گیاهان گلدار دیگر می شوند. برای مثال درخت گردوی سیاه مادّه ای تولید می کند که گوجه فرنگی و سیب زمینی را

پژمرده کرده و به درختان سیب زیان می رساند زمانی که با ریشه آن تماس حاصل نمایند. بسیاری از گیاهان دیگر فیتوالکسین (ترکیب شیمیایی که باکتریها یا قارچهای بیماری‌زا را کشته یا متوقف می کند) تولید می کنند که باعث مقاومت آنها در برابر بیماریهای مختلف می شود.

برعکس بعضی از باکتریها و قارچها با تولید ترکیبات شیمیایی بازدارنده ای، رشد گیاهان عالی را محدود می کنند. باکتریها و قارچها و گیاهان دیگر از طریق انگل شدن رشد جمعیّت را محدود می کنند. درجهٔ انگل شدن بطور قابل ملاحظه ای نسبت به میزبانها متفاوت است. بعضی از گونه های خانوادهٔ گل میمون کلروفیل نداشته و کاملاً جهت دریافت انرژی و دیگر نیازهای غذایی خود متکّی به گیاه گلدار میزبان خود می باشند. دیگر گونه های وابسته کلروفیل دارند ولی ظاهراً نیازمند غذای کاملی از میزبان خود می باشند. گونه های دیگری روی گیاهان خاصّی انگل شده ولی خود مستقلاً نیز قادر به ادامهٔ حیات می باشند.

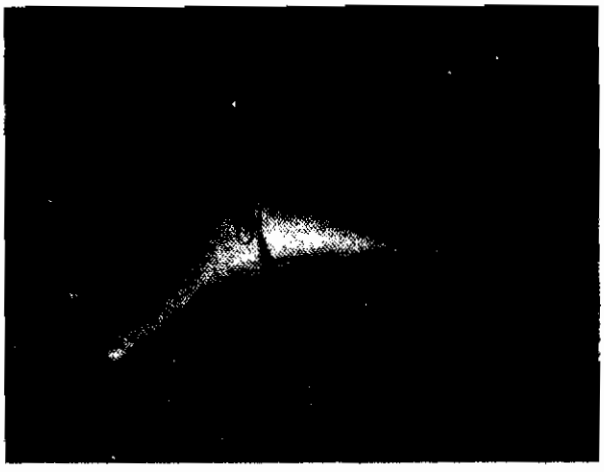
قارچهای میکوریز، با اکثر گیاهان چوبی و بسیاری از گیاهان دیگر رابطهٔ نزدیک دارند بطوری که هردو موجود زنده سود می برند (روابط هم زیستی فصل ۶) قارچ بطور قابل ملاحظه ای سطح جذب ریشه را افزایش داده و معمولاً نقش مهمّی در جذب فسفر و دیگر موادّ غذایی ایفا می کند، در حالی که از سلّولهای ریشه به عنوان منبع انرژی استفاده می کند.

بیش از صدسال قبل یک طبیعی دان بنام توماس بلت[1] برای اوّلین بار متوجّه ارتباط بین مورچه و یک گونهٔ سریع الرّشد و خاردار آکاسیا (شکل ۴-۲۴) شد. آکاسیا در قاعدهٔ هر برگ دارای خارهای توخالی بلندی است. مورچه به صورت میزبان درون خارهای توخالی زندگی کرده و از موادّ قندی، چربی، پروتئین تولید شده به وسیلهٔ نوشبحای دم برگ و ساختمانهای خاصّ دیگر که در نوك برگچه قرار دارند تغذیه می نماید. مورچه ها شدیداً به هر موجود دیگر و جانوران بزرگتر که با گیاه تماس بگیرند حمله می کنند. آنها همچنین هر گیاه دیگری را که با آن تماس بگیرد از بین می برند. تجربه نشان داده است که گیاهان گونه هایی که مورچه های آنها برداشته شده به کندی رشد کرده و معمولاً بزودی در اثر هجوم حشرات دیگر و یا سایه افکنی گیاهان دیکر از بین می روند.

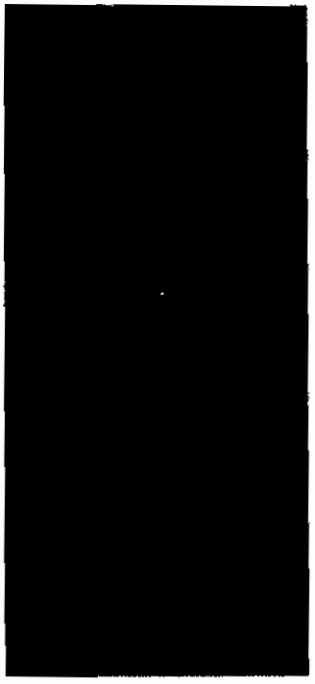
جانوران علفخوار بزرگ مانند آهو و گوزن، از گیاهان متنوعّی که از نظر کیفیّت غذایی متفاوت هستند تغذیه می کنند. هرگونهٔ گیاهی علاوه بر پروتئین، چربی و کربوهیدرات،

1- Thomas Belt

ترکیبات مختلفی از مواد شیمیایی را نیز تولید می کند. تعدادی از ترکیبات شیمیایی برای مصرف کنندهٔ آنها سمّی هستند. ولی جانوران علائم مسمومیّت را نشان نمی دهند زیرا سیستم گوارشی آنها توانایی تجزیهٔ این ترکیبات و دفع آنها را دارد. محدودیت ایجاد چنین ترکیباتی اختلاف در رژیم غذایی را برای مصرف کننده ها باعث می شود بخصوص آنهایی که در جستجوی غذاهای جدید هستند. اگر یک گونهٔ گیاهی مکانیسمهای دفاعی طبیعی مانند ترکیبات شیمیایی یا تغییرات ساختمانی (مانند خارها) را نداشته باشد تمام مصرف کننده ها از حشره تا فیل از آن استفاده کرده و بزودی باعث انهدام کامل آن می شوند. در یک اکوسیستم مکانیسمهای دفاعی تولید کننده و مصرف کننده در مقابل یکدیگر از طریق پدیده هم تکاملی حاصل از گزینش طبیعی ایجاد شده و در تعادل پایدار و حسّاسی نگاهداشته شده است.



(الف)



(ب)

شکل ۴-۲۴ گونه‌ای از اقاقیا که میزبان مورچه‌هایی است که در محوّطه‌های خالی خارهای آن زندگی می‌کنند. مورچه‌ها به‌هرگونه موجود بزرگ و کوچکی که با گیاه تماس بگیرد حمله می‌کنند. گیاه برای مورچه‌ها در مخازن شهدی که در زیر خارها قرار دارند غذا تهیّه می‌کند (الف)، و همچنین توسّط ساختمانهای مملو از ترکیبات ازت‌دار که در نوک برگچه ها قرار دارند (ب).

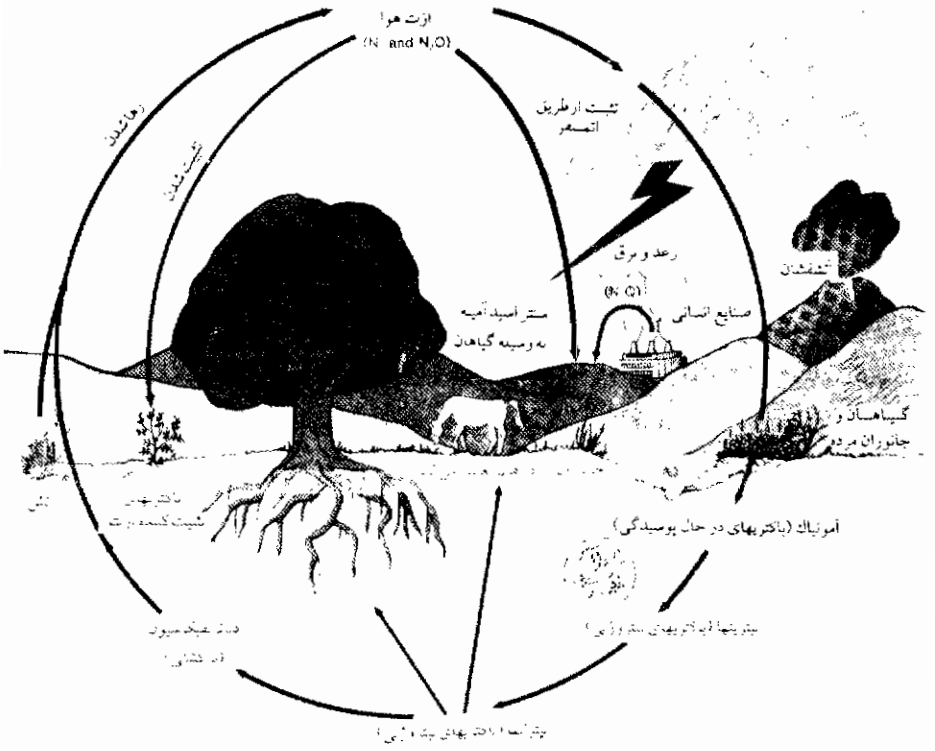
چرخهٔ ازت

همان طور که در فصل ۳ اشاره شد بیشتر پروتوپلاسم سلّولهای زنده شامل پروتئین است. فراوانترین عنصر موجود در اتمسفر، ازت نیز ۱۸٪ پروتئین را تشکیل می دهد. در هوای بالای هر هکتار زمین تقریباً ۶۹۰۰۰ تن ازت وجود دارد ولی مقدار کلّی ازت در خاك به ندرت از ۳/۹ تن در هر هکتار تجاوز می کند و معمولاً بطور قابل ملاحظه ای کمتر است. این اختلاف ناشی از آن است که ازت اتمسفر بطور شیمیایی مهار شده است، یا به عبارت دیگر بسادگی با ملکولهای دیگر ترکیب نمی شود. بنابراین، بسیار دور از دسترس استفاده جانوران و گیاهان جهت ساخت پروتئین و دیگر ترکیبات ازت دار می باشد.

به طوری که در فصل ۱۶ گفته شد بیشتر ازت مورد استفادهٔ گیاه (بنابراین، بطور غیرمستقیم توسّط جانوران) از طریق خاك به صورت ترکیبات و یونهای معدنی و از طریق ریشه جذب می شود. این ترکیبات و یونها شامل ترکیباتی می شوند که در آنها ازت به شکل شیمیایی با اکسیژن یا هیدروژن ترکیب یافته است. این ترکیبات توسّط باکتریها و قارچها که ملکولهای پیچیده بافتهای گیاهان و جانوران مرده را به ملکولهای ساده تر تجزیه می کنند تولید می شوند. مقداری از ازت هوا نیز تثبیت می شود. به این معنی که به وسیلهٔ باکتریهای تثبیت کنندهٔ ازت (شکل ۷-۱۶) به آمونیاك یا ترکیبات ازت دار دیگر تبدیل می شوند. بعضی از این باکتریها به گیاهان مختلفی مخصوصاً حبوبات (نخودفرنگی، لوبیا، شبدر، یونجه) از طریق تارهای ریشه حمله می کنند. بقیّه آزادانه در خاك زندگی می کنند.

همان طور که در شکل ۵-۲۴ نشان داده شده است جریان ثابتی از ازت بافتهای گیاهی و جانوری به درون خاك و از خاك به گیاهان وجود دارد. باکتریها و قارچهای تجزیه کننده مقادیر فراوانی از برگهای مرده و دیگر بافتها را به قطعات بسیار کوچکتری از حجم اوّلیه شان در طیّ چند روز تا چندماه تجزیه می کنند. اگر بطور ناگهانی فعّالیت این تجزیه کننده ها متوقّف شود، ترکیبات ازت دار در طول چند دهه به اتمام می رسد و مقدار دی اکسید کربن موردنیاز فتوسنتز شدیداً پایین می آید. جنگلها و چمنزارها در نتیجهٔ انباشته شدن برگها و زباله های گیاهی مدفون خواهند شد و برگهای آنها جلو نور موردنیاز فعالیتّهای فتوسنتز را می گیرد. در حال حاضر

حتّی با وجود فعّالیت عادی باکتریهای مرتبط با چرخهٔ ازت، مقدار کلّ ازت موجود در خاك به وسیلهٔ فعّالیت آنها افزایش نیافته است ولی تنها چرخه را به گردش در می آورند.



شکل ۵-۲۴ چرخهٔ ازت.

علاوه بر این، مقدار قابل ملاحظه ای از ازت دایماً به علّت شستشوی آن به وسیلهٔ آبها و یا در اثر فرسایش خاکهای سطحی کاسته می شود. مقدار بیشتری ازت از طریق برداشت محصول از دست می رود. بطور متوسّط حدود ۲۵ کیلوگرم ازت در هکتار در سال از طریق برداشت محصول از دست می رود. این خسارت ازت ناشی از برداشت بطور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد اگر مواد زاید سبزیجات و جانوران هرساله مجدّداً وارد چرخه شده و به خاك برگردانده شوند. هنگامی که باکتریها بافتها را تجزیه می کنند آنها خود نیز از ازت استفاده کرده و مقادیر ناچیزی هنگام مرگ آنها به درون خاك آزاد می شود. از این رو گیاهان زراعی نباید

در خاکهایی کاشته شوند که تجزیهٔ مواد آلی ناقص صورت گرفته باشد. هنگامی که خاك ارّه، کاه، یا کودهای گیاهی دیگر در اطراف گیاهان باغ جهت کنترل علفهای هرز پاشیده می شود، در این صورت تا تجزیهٔ کامل موادّ ازت کمی در دسترس گیاه قرار می گیرد.

علفهای هرز و کاه و کلش گیاهان به کرّات به منظور ریشه کن کردن سوزانده می شوند. ولی آتش خسارات شدیدی به ازت وارد می کند که بایستی جبران شود. تخمین زده شده که سالانه در ایالات متّحده خسارات وارده به ازت ناشی از آتش سوزی، برداشت محصول، و عوامل دیگر بیش از ۲۱ میلیون تن می باشد و تنها ۱۵/۵ میلیون تن از طریق عوامل طبیعی جایگزین می شود. برای جبران ضایعات سالانه مقدار ۳۲ میلیون تن ترکیبات ازت دار معدنی (کود شیمیایی) به خاك افزوده می شود. ولی اگر موادّ آلی همزمان اضافه نشود، کود شیمیایی و در کنار سوختن باقی ماندهٔ گیاهان سرانجام باعث تولید خاکهای سخت می شود. خاك سخت از انباشته شدن تدریجی نمکهای اضافی است که هوموس خاك را حل نموده و ساختمان خاك را به هم می زند. این پدیده باعث می شود که ذرّات رُس متراکم شده و قطعات کولوئیدی را تشکیل دهند که نسبت به رطوبت نفوذ ناپذیر می باشند. در خاکهای سخت و همچنین خاکهای فاقد اکسیژن باکتریها به جای اکسیژن در تنفّس خود از نیترات استفاده می کنند، بنابراین، باقی مانده ازت خاك از این طریق از بین می رود.

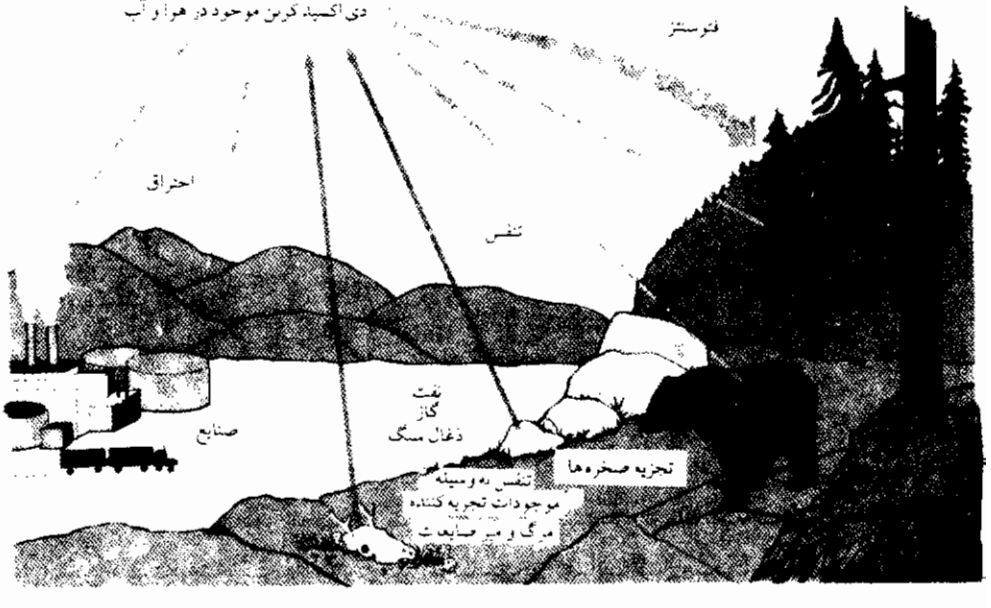
بارندگی، مقدار کمی از ازت اتمسفر را به خاك بر می گرداند. این ازتی است که در نتیجهٔ آلودگیهای صنعتی متراکم شده و یا از طریق رعد و جرقّه تثبیت شده است. فعّالیتهای باکتریهای تثبیت کنندهٔ ازت و کوههای آتش فشانی نیز جهت تبدیل ازت به صورت قابل استفادهٔ گیاه مؤثّرند.

چرخهٔ کربن

مانند چرخهٔ ازت، باکتریها در چرخهٔ مجدّد کربن و موادّ دیگر نیز نقش مهمّی ایفا می کنند (شکل ۶-۲۴). همان طور که در فصل ۱۰ بحث شد، یکی از دو مادّهٔ خام در فتوسنتز دی اکسید کربن است که ۰/۰۳ درصد اتمسفر اطراف را تشکیل می دهند. تخمین زده شده که حیات گیاهی درون اقیانوسها و توده های خشکی سالانه حدود ۱۴/۵ میلیارد تن کربن حاصل از دی اکسید کربن را مصرف می کنند. این کربن از طریق تنفّس تمام موجودات زنده جایگزین

می شود. شاید ۹۰ درصد آن به وسیلهٔ تعداد باور نکردنی از باکتریها و قارچهای تجزیه کننده تولید می شود. مقدار کمتر امّا قابل ملاحظه ای در نتیجهٔ احتراق سوختهای فسیلی و به وسیلهٔ ماشین آلات صنعتی و وسایط نقلیهٔ در هوا آزاد می شود (بخش اثر گلخانه ای). مقادیر کمی نیز در نتیجهٔ آتش و فعّالیتهای آتش فشانی تولید می شود. در مقیاس کنونی مصرف آن به وسیلهٔ فتوسنتز تخمین زده شده است که اگر بطور دایمی بازسازی نشود، دی اکسید کربن موجود در هوا در طول ۲۲ سال مصرف خواهد شد.

در گذشته های دور، کربن، ازت، آب، فسفر و ملکولهای دیگر از چرخه ها عبور می کردند. بعضی ملکولها که بخشی از جنگلهای بسیار کهن بوده اند متراکم شده و به ذغال سنگ تبدیل شده اند و بعد از سوخت ذغال سنگ بخشی از گیاه دیگر را تشکیل داده اند. سپس گیاه جدید ممکن است توسّط جانورانی مصرف شده و به نوبهٔ خود ملکولهای بخشی از موجود زندهٔ دیگر را ساخته اند. تصوّر کنید که ملکولهای بدن شما در چند میلیاردسال پیش ممکن است به چه موجوداتی تعلّق داشته است، آنها ممکن است بخشی از گیاهان دریایی ماقبل تاریخ بوده و یا بخشی از پیکرهٔ یک پلنگ تیز دندان و یا یک دایناسور عظیم الجثّه و یا حتّی هر سهٔ آنها بوده است.



شکل ۶-۲۴ چرخهٔ کربن.

توالی

بعد از فورانهای آتش فشانی در سطح زمین و یا بعد از یک زمین لرزه و یا ریزش صخره و در ابتدا هیچ گونه اثری از حیات روی گدازه های آتش فشان و سطح صخره وجود ندارد. پس از چندسال و یا حتّی گذشت چندماه موجودات زنده شروع به پیدایش نموده و ترتیبی از پدیده ها بنام توالی به وقوع می پیوندد. در طیّ توالی گونه های گیاهی و موجودات دیگر که از ابتدا ظاهر شده اند محیط زیست خود را در نتیجهٔ فعّالیتهای عادی متابولیسم، تولید مثل و غیره تغییر می دهند. در زمانی پس از انباشته شدن موادّ زاید، ترکیبات آلی مرده و زباله های معدنی و تغییرات دیگر (مانند تغییرات سایه و آب موجود در زیستگاه) گونه های مختلفی را یاری می نماید تا جایگزین موجودات اوّلیه شوند. این گونه ها نیز به نوبهٔ خود، محیط را بیشتر دگرگون می کند تا گونه های دیگری استقرار یابند.

توالی، هروقت و هرجایی که در مناطق طبیعی خواه در خشکی و یا در آب اختلالی صورت گیرد آغاز می شود. پیشرفت توالی، بستگی به آب و هوا، خاك، و موجودات زندهٔ مجاور دارد. اکولوژیستها تعدادی از دگرگونیها را در دو نوع توالی شناسایی می کنند. توالی اوّلیه که در ابتدای کار و به همراه تشکیل خاك صورت می گیرد. توالی ثانویه در محدوده هایی رخ می دهد که قبلاً پوشیده از خاك و گیاهان بوده است.

توالی اوّلیه

توالی خشکی (اگزوز)

یکی از جهانیترین نوع توالی، توالی اوّلیه خشکی است (*Xerosere*) که از صخره های برهنه و گدازه های آتش فشانی (بحث خاك در فصل ۹) و از صخره های در معرض یخ بندانها و یا از ریزش آنها آغاز می شود. ابتدا صخره ها گاهی در نواحی معتدله و سرد در معرض ذوب و انجماد متناوب قرار می گیرند. در نتیجهٔ شکافها و درزهایی ممکن است ایجاد گردد، روی چنین شکافهایی غالباً گل سنگها مستقر می شوند (شکل ۷-۲۴). گل سنگها تولید اسید کرده و به آرامی صخره ها را می تراشند و زمانی که

آنها از بین رفتند و موادّ آلی برجای گذاشته شد، آنها به وسیلهٔ گل سنگهای درشت تری جایگزین می شوند. بعضی خزه های صخره ای که به دوره های طولانی خشکی سازگاری یافته اند نیز ممکن است مستقر شوند و مقادیر کمی خاك تشکیل شود. خاك، آب، موادّ زاید و زباله های منتقل شده به وسیلهٔ باد افزایش یافته و سرانجام مقادیر کافی از توده های گل سنگ، خزه ها و بعضی از سرخسها یا حتّی گیاهان دانه دار اجازهٔ رویش می یابند و بدین صورت تشکیل خاك و شکستن صخره ها سرعت بیشتری به خود می گیرد.

شکل ۷-۲۴ یك توالی زودرس در جادّه‌ای در هاوایی پس از وقوع زلزله. سرخسها، درشکافی دوسال بعد از وقوع زلزله مستقر شده‌اند.

اگر شیارهای عمیق در صخره ها ایجاد شوند، دانه های درشت تر ممکن است آنها را بیشتر عریض کنند زیرا دانه ها رویش نموده و ریشه ها در ابعاد شیارها گسترده می شوند. محاسبه شده است که گیاهک در حال رویش می تواند نیرویی معادل ۳۱/۶۳۵ کیلوگرم در سانتیمتر مربّع اعمال نماید. به راستی نمونه های شناخته شده ای از گیاهکها صخره هایی را می شکافند که چندین تن وزن دارند (شکل ۸-۲۴).

شکل ۸-۲۴ یك چنار زنده‌ای که از دانه‌ای که در شکاف کوچکی از صخره جای گرفت رشد نموده است، ریشه‌های این درخت باعث شکاف بزرگی در صخره شده‌اند.

به موازاتی که تشکیل خاك ادامه می یابد گیاهان بزرگتری روی آن ایجاد می شود و سرانجام رویشهای گیاهی به حالت تعادلی می رسند که در این هنگام ارتباطات گیاهان و موجودات پایدار می ماند تا زمانی که اختلالات دیگر و یا تغییرات اقلیمی به وقوع پیوندد. چنین ارتباطات گیاهی نسبةً پایدار موسوم به کلیماکس گیاهی است. در کلیماکس گیاهی (اوج توالی) جنگلهای برگ ریز در شمال شرقی آمریکا، درختان افرا، ممرز، بلوط، گردوی آمریکایی و درختان دیگر غالب شده اند. در مناطق بیابانی کاکتوسها بخش قابل ملاحظه ای از کلیماکس رویشی را تشکیل می دهند در حالی که در سواحل غربی اقیانوس آرام درختان مخروط دار بزرگ غالب هستند. در بخشی از غرب میانه، علفزارها و دیگر گیاهان علفی گلیماکس رویشی را تشکیل می دهند، در حالی که در ناحیهٔ گرمسیری مرطوب جوامع مختلفی از درختان و علفها کلیماکس را ایجاد کرده اند.

گه گاهی هنگامی که آتش فشان تولید خاکستر آتش فشان بجای داده های آتش فشانی می کند و سبب از بین رفتن سیمای قبلی زمین و رستنی ها می شود، بعضی از مراحل اوّلیه توالی در ارتباط با گل سنگها و خزه ها ممکن است روی ندهد. در عوض گیاهان بزرگتر اوّلین پیشروان توالی باشند. چنین موردی در نتیجهٔ یک سری از فورانهای خاکستر و گل و لای کوه سنت هلن در ایالت واشنگتن آمریکا در اوایل دههٔ ۱۹۸۰ به وقوع پیوسته است.

توالی آبی (Hydrosere)

این توالی در زیستگاههای آبی و همچنین می تواند در زیستگاههای خشکتر رخ داده، آن را توالی آبی نامند. در بخشهایی از شمال غرب میانه ایالات متّحده مانند میشیگان، ویسکونسین، و مینه سوتا دریاچه های با اندازه های مختلف فراوانند. بسیاری از زمینها به واسطهٔ عقب نشینی یخبندان رها می شوند و هیچ گونه راه خروجی برای آب موجود نیست. آبی که از آنها تبخیر می شود سالانه به وسیلهٔ آبهای هرز نزورات جایگزین می شود. این دریاچه ها هرسال در نتیجهٔ توالی، کمی کوچکتر می شوند (شکل ۹-۲۴). توالی در این جا غالباً با جلبکهایی که به وسیلهٔ باد و یا توسّط پاهای گل آلود مرغان و پرندگان آب زی حمل می شوند شروع می شود. جلبکها تمایل دارند در آبهای کم عمق نزدیک به حاشیهٔ مرداب تکثیر نمایند و به همراه هر دورهٔ تولید مثلی بخشهایی مرده به ته مرداب فرو می روند. سپس ممکن است گیاهان شناور مانند عدسک آبی ظاهر شوند و نوار سبزی را اطراف آبهای ساحلی تشکیل

دهند. بعد از آن نیلوفر آبی و دیگر گیاهان ریشه دار آب زی با برگهای شناور تثبیت می شوند. هر گروه از گیاهان در موادّ آلی کف آب که به آرامی تبدیل به لجن می شوند مشارکت دارند. لویی و دیگر گیاهان گلدار که گل آذین خود را خارج از آب تولید می کنند ایجاد ریشه هایی در لجن حاشیهٔ آب را نموده و انباشته شدن رسوبات آلی تسریع می یابد.

شکل ۹-۲۴ توالی در دریاچه‌ای در شمال ویسکانسین

در این هنگام، جلبکها، عدسکهای آبی و دیگر گیاهان فراتر رفته و تدریجاً سطح آزاد آب کاهش می یابد. جگنهای شبیه چمن در حاشیه های مرطوب استقرار یافته و گاهی به علّت درهم آمیخته شدن ریشه ها تشکیل توده های شناور را می دهند. موادّ آلی مرده انباشته شده زیر جگنهای به هم بافته شده متراکم شده و در بین آنها گیاهان علفی و بوته ای جای می گیرند. از آن جایی که حاشیه ها کمتر باتلاقی می شوند، درختان مخروط داری که ریشه های آنها قادرند رطوبت قابل ملاحظه ای را تحمّل کنند (مانند تاماراك یا سدر سفید شرقی) پایدار می شوند.

سرانجام در سرتاسر حاشیهٔ مرداب یا دریاچه گسترش می یابند. درختان به تشکیل خاکهای حقیقی ادامه داده و به موقع خود کلیماکس گیاهی نمایان می شود. اکنون هیچ دریاچه و یا مردابی آشکار نیست، و تنها شواهدی از آن به صورت فسیل دانه های گرده، تکّه های چوب و دیگر مواد مربوط به دورانهای گذشته در زیر سطح وجود دارد. چنین توالی ممکن است هزاران سال بطول انجامد و ما در طول عمر خود هرگز شاهد شروع و پایان آن نباشیم لیکن شواهدی که آن را تأیید کند فراوان است.

تحت شرایط طبیعی دریاچه ها و مردابهایی که از جریانهای آب ایجاد می شوند سرانجام به وسیلهٔ گل و لای پر می شوند. اگرچه این پدیده نیز ممکن است هزاران سال بطول انجامد. جریانات آبی که این دریاچه ها را تغذیه می کنند تدریجاً با خود لای می آورند و محتویات غذایی آب تدریجاً زیاد می شوند زیرا موادّ آلی و معدنی محلول به درون دریاچه می ریزد. این غنی سازی تدریجی که یوتروفیکاسیون نامیده می شود رشد جلبکها و موجودات دیگر که مواد زاید خود را به ته آب می برند آسان می کند. هنگامی که به فاضلابها و آلاینده های دیگر اجازه داده می شود به دریاچه ها وارد شوند، عمل غنی سازی ممکن است از طریق تحریک رشد موجودات زندهٔ آب زی خیلی بسرعت صورت پذیرد. یوتروفیکاسیون نیز ممکن است هنگامی که درختان از زمینهای اطراف دریاچه ها برای ساختن کلبه ها و پناهگاههای تابستانی قطع می شوند در نتیجهٔ انباشته شدن موادّ زاید تسریع شود. خاك برهنه بسرعت از طریق جریان آب و سیلاب بعد از بارندگی شسته شده و مواد به درون آب ریخته شوند. این پدیدهٔ طبیعی در همه گونه پیکره های آبی صرف نظر از اندازه های آنها حتّی رودخانه ها نیز رخ می دهد.

توالی ثانویّه

توالی ثانویه که خیلی سریعتر از توالی اوّلیه انجام می شود ممکن است هنگامی صورت گیرد که خاك قبلاً وجود داشته و در مجاور آن گونه های زنده موجود باشند. در حقیقت موجودات زنده در توالی بعدی بسیار مؤثّر هستند. تعدادی از توالیهای ثانویه در پی خسارات بشر اتّفاق می افتد (مانند زمینهایی که پس از برداشت الوار پاك شده اند یا زمینهایی که به مزرعه تبدیل شده اند). توالی ثانویّهٔ دیگر در اثر آتش سوزی ایجاد می شود. چمنها و گیاهان علفی روی سرزمینهای سوخته یا سرزمینهایی که درختان آن قطع شده اند مستقر می شوند. دنباله رو علفها معمولاً درختان و درختچه ها هستند که دانه های آنها بطور وسیعی پراکنده شده است

(نظیر سپیدار و سماق در غرب میانه و شرق ایالات متّحده، و انگور فرنگی در غرب). بعد از طیّ چند مرحله که کمتر از مراحل معمول توالی اوّلیه می باشد کلیماکس گیاهی غالباً در طول ۱۰۰ سال یا کمتر تشکیل می شود.

اکولوژی آتش

آتشهای طبیعی به وسیلهٔ صاعقه و فعّالیتهای بشر ماقبل تاریخ شروع شد و هزاران سال است که در آمریکای شمالی و دیگر قارّه ها به وقوع می پیوندد. درختانی مانند چوب سرخ عظیم الجثّه و کاج پاندروزا اگرچه خساراتی دیده اند لیکن بیشتر آتش سوزیها را تحمّل کرده اند. زمان وقوع آتش سوزی را می توان از حلقه های رشد سالانه آنها تعیین نمود (شکل ۷-۵). در غرب بررسی حلقه های رشد سالانهٔ کاج پوند روزا نشان می دهد که در جنگلهای گذشته چنین آتش سوزیهایی تقریباً بطور متوسّط هر ۶ یا ۷ سال رخ می داده است. کیفیّت آتش، اقلیم، توپوگرافی و خاك تأثیر عمیقی برروی بیومهای مختلف دارد. از آن جایی که انسان متمدّن تلاشهای مفیدی جهت کنترل آتشها به عمل آورد رویشها نیز بطور قابل ملاحظه ای تغییر کردند. بطوری که دانش نقش آتش در حفظ اکوسیستم افزایش یافته است ظاهراً مشخّص شده است که آتش سوزی کنترل شده در مقایسه با حالتی که بطور کامل مهار شود حدّاقل در مناطق خاصّی در درازمدّت به نفع اکوسیستم می باشد. اکنون مؤسساتی نظیر سرویس پارکهای ملّی آمریکا در ارتفاعات اجازهٔ آتش سوزی را می دهند تا جریان طبیعی اکوسیستم طی شود.

آتشها حقیقةً برای بعضی از علفزارها بوته زارها و جنگلها به علّت تبدیل موادّ آلی خاك به خاکسترهای غنی از موادّ معدنی مفید می باشند، موادّ معدنی خود مجدّداً وارد چرخهٔ اکوسیستم می شود. اگر خاك در اثر آتش بسوزد بعضی از موادّ غذایی و آلی آن ممکن است از بین برود و میکرو ارگانیسمهای موجود در خاك دگرگون شوند. این زیانها به وسیلهٔ وجود باکتریهای خاك نظیر باکتریهای سبز آبی که قادرند ازت هوا را تثبیت کنند و بعد از آتش سوزی تعداد آنها افزایش می یابد جبران می شود. همچنین قارچهایی که تولیدکنندهٔ بیماریهای گیاهی هستند، کاهش می یابند.

در بعضی نواحی مانند علفزارهای غرب میانهٔ ایالات متّحده علفها نسبت به گیاهان چوبی به آتش سازگاری بیشتری دارند. آنها یک یا دو سال بعد از رویش تولید دانه می کنند.

جوانه های علفهای چندساله که روی ریزومها درون خاك بوده و از حرارت آتش دورند معمولاً زنده مانده و در اوّلین فصل رویش بعد از آتش سوزی تولید گیاه جدید می کنند. بنابراین، یک آتش، تنها به رشد یک فصل علف آسیب می رساند. ولی درختچه ها که بیشتر بافتهای زندهٔ آنها در بالای سطح زمین قرار دارند، آتش به رشد چندین سالهٔ آنها آسیب می رساند. علاوه براین، گیاهان چوبی غالباً تا چندین سال بعد از رویش دانه تولید نمی کنند. تعدادی از درختچه ها از تنه های سوخته شده جوانه می زنند (شکل ۱۰-۲۴) ولی سوختگی مکرّر باعث کوتاه قدی آنها می شود، بنابراین، علفها تدریجاً غالب می شوند. شواهدی وجود دارد که حدّاقل بعضی از علفزارهای آمریکای شمالی در نتیجهٔ آتش سوزی ایجاد و حفظ شده اند. از زمانی که آتش سوزی علفزارها بطور وسیعی کنترل شده است، بعضی از نواحی اکنون مملو از درختچه ها می باشند که زمانی تنها به جریانات آبی محدود می شده اند.

شکل ۱۰-۲۴ توالی ثانویّه در مکانی که آتش‌سوزی رخ داده است. سرخسهای عقابی و بعضی گیاهان در اوّلین فصل رویشی بعد از آتش‌سوزی مجدّداً جوانه زده‌اند.

آتشها همچنین نقش مهمّی را در عناصر متشکلهٔ جنگلها ایفا می کنند. در ارتفاعات شرق میانهٔ کالیفرنیا بعد از آتش سوزی انگور فرنگی بسرعت زیاد می شود ولی تعداد آنها پس از ۱۵ تا ۳۰ سال و زمانی که درختان بزرگتر به منطقه باز گشتند ثابت می شود. کاج پاندروزا، کاج برگ دراز جنوب و صنوبر داگلاس (گونه هایی که تحمّل سایه را ندارند) گونه هایی هستند که مکرّراً بعد از آتش سوزی جایگزین گونه های دیگر شده اند. دانه های بعضی از این گیاهان به ندرت در غیاب آتش رویش می کنند. غالب این گونه های چوبی و علفی طوری با آتش سازش نموده اند که دانه های آنها تنها بعد از آتش سوزی و از بین رفتن سموم متراکم شده در نتیجهٔ رویش گیاهان، رویش حاصل می نمایند. نظر به این که آتش در بعضی اکوسیستمها تأثیرات مفیدی در درازمدّت دارد، بدون شک توصیه های مدیریت محیط زیست در آینده در هدایت توالی به سوی رویشهای خاصّی خواهد بود.

انسان در اکوسیستم

تخمین زده شده است که مجموع جمعیّت انسان در جهان در ۶۰۰۰ سال قبل از میلاد کمتر از ۲۰ میلیون نفر بوده است. در طیّ ۷۷۵۰ سال بعد از آن به ۵۰۰ میلیون افزایش یافت. به سال ۱۸۵۰ میلادی جمعیت دوبرابر شد و به ۱ میلیارد رسید. هفتاد سال بعد دوبرابر شد و به ۲ میلیارد رسید. در سال ۱۹۸۰ به ۴٫۴۸ میلیارد رسید، و در ۵ سال بعد به ۴٫۸۹ میلیارد افزایش یافت. برای سال ۲۰۰۰ تخمین زده شده که به ۶٫۲۵ میلیارد افزایش یابد. اندازهٔ زمین ثابت است ولی انسان آن را بطور قابل ملاحظه ای بیش از چند قرن گذشته اشغال کرده است یا حدّاقل تراکم جمعیّت بسیار زیاد شده است. در نتیجهٔ تغذیه، پوشاك، و مسکن ما انسانها خودمان ضربه های زیادی به محیط زیست وارد آورده ایم. پوشش طبیعی گیاهی را از نواحی زیادی از زمین صاف، و مناطق مردابی زه کشی کرده. ما به رودخانه ها، اقیانوسها و دریاچه ها زباله ها و موادّ آلاینده اضافه کرده و به اتمسفر آلودگیهایی را افزوده ایم، آفات و عوامل بیماری زای گیاهی را به وسیلهٔ ترکیبات سمّی از بین برده ایم. این ترکیبات سمّی همچنین جانوران شکاری طبیعی و دیگر موجودات مفید را نابود ساخته است. بطور کلّی ما انسانها تعادل اکوسیستم را که قبل از آغاز زیانهای وارده وجود داشته کاملاً برهم زده ایم.

اگر انسان بخواهد روی این سیّاره زنده بماند لازم است با افزایش جمعیّت مبارزه کند.

باید بسیاری از فعّالیتهای صنعتی و کشاورزی غیر منطقی که به همراه رشد جمعیّت اتّفاق افتاده است کنترل شود. ما باید به وسیلهٔ فعالیتهایی بعضی از تعادلات اکولوژیکی را به جای خودش برگردانیم. در عملیات کشاورزی آینده بایستی موادّ آلی را پس از هر برداشت به خاك برگردانیم (بخش کمپوست سازی، فصل ۶). برداشت الوار و دیگر محصولات لازم است به روشی انجام شود که از فرسایش خاکهای سطحی جلوگیری نماید. عمل قلع و قمع کردن علفهای هرز به وسیلهٔ ترکیبات شیمیایی بایستی کنار گذاشته شود. آلاینده های صنعتی به صورت بی ضرر درآید و تا جایی که ممکن است به چرخهٔ اکوسیستم وارد شوند.

بسیاری از موادّی که اکنون بطور وسیعی به دور ریخته می شوند (مانند زباله ها، کاغذهای باطله، شیشه ها، و قوطیهای کنسرو فلزّی) نیز به میزان زیادی بایستی بازیابی شوند. مبارزات بیولوژیکی باید تا جایی که ممکن است جانشین استفاده از مبارزات به وسیلهٔ سموم شوند. حفظ آب و انرژی بایستی به صورت جهانی انجام شود. گونه های گیاهی نادر با قدرتهای ژنتیکی غالباً ناشناخته برای گیاهان زراعی آینده با حفظ زیستگاههای آنها یا به طرق دیگر بایستی از معرض نابودی نجات یابند. مردم عامی بایستی از ضرورت مدیریت و حفظ محیط آگاه شوند بخصوص هنگامی که فشارهایی به وسیلهٔ نیروهای با نفوذ بنام «پیشرفت» اعمال می شود. این اقدامات بایستی قبل از آن که بخشهای وسیعی از منابع طبیعی بطور غیر قابل جبران و برای همیشه از دست بروند انجام گیرد. در غیر این صورت پیامد نهایی چیزی کمتر از مرگ و میر حاصل از قحطی، بیماریهای تنفّسی، مسمومیتهای حاصل از تغذیه و نوشیدنیها، و دیگر وقایع مصیبت بار و مرگهای نا به هنگام که جمعیّت عظیمی از جهان را تهدید می کند، نیست.

اثر گلخانه ای

اثر گلخانه ای، به افزایش گرمای کرهٔ زمین بر می گردد و مربوط به انباشته شدن اتمسفر از گازهایی است که جلو تابش آفتاب را به سطح زمین می گیرد و از برگشت گرما به فضا ممانعت می کند. دی اکسید کربن و متان، از متداولترین گازها در ارتباط با اثر گلخانه ای هستند. اینها برای میلیونها سال بخشی از اتمسفر بوده اند، ولی گازهای دیگر مانند کلروفلورو کربن اخیراً بطور نسبی به وسیلهٔ محصولات جنبی صنایع یخچال سازی، پلاستیک و قوطیهای ایروسول تولید می شود.

دی اکسید کربن

لیندستروم Lindstrom از دانشگاه ایلنوی شیکاگو و مکائیل MacAycal از دانشگاه شیکاگو اخیراً قطعات یخهای کهن سیبری، اسکاندیناوی، و اقیانوس شمالی را مورد آزمایش قرار دادند. با به کارگیری کامپیوتر برای نمایش وضعیّت یخی و اتمسفر ۳۰۰۰۰ سال پیش، آنها کشف کردند که سطح دی اکسید کربن در پایان آخرین عصر یخ بندان به حدّ کافی افزایش یافته بود تا آن جا که یخ را ذوب کند و دمای زمین را بالا ببرد. کشفیات آنها اعلام می کند که چرخه های دورانهای یخ بندان و دوره های گرم کوتاه بین آنها ممکن است تنها در نتیجهٔ افزایش و کاهش سطح دی اکسید کربن در گذشته بوده است.

در سال ۱۹۸۶ انتشار دی اکسید کربن حاصل از صنایع و حمل و نقل در سراسر جهان مجموعاً کمتر از ۵ میلیارد تن بود. این رقم در سال ۱۹۸۷ متجاوز از ۵٫۵ میلیارد تن شد و افزایش ادامه دارد. سوختهای فسیلی و جنگل زدایی (که به گردش در آورندگان مهمّ دی اکسید کربن را از بین می برد) مسؤول ۲۵ درصد افزایش دی اکسید کربن اتمسفر تا سال ۱۸۵۰ بوده است. در ۲۵ سال اخیر دمای زمین ۰٫۴ سانتیگرادگرمتر شده است و بین ۱۹۸۳ و ۱۹۹۰ سطح دمای اقیانوسها ۰٫۸ درجه سانتیگراد افزایش یافته است.

با این که ممکن است این تغییر دما مقدار مهمّی به نظر نرسد ولی در طیّ عصر یخ بندان اخیر در آمریکای شمالی که یخ شمال ایالات متّحده و کانادا را پوشاند حرارت متوسّط زمین در سطح دریا فقط ۴ درجه سانتی گراد سردتر از زمان فعلی بوده است. در سال ۱۹۸۹ تولبا رئیس بخش حفاظت محیط زیست سازمان ملل پیش بینی نموده است که اگر جریان ورود گازها به اتمسفر ادامه یابد دمای زمین در ۵۰ سال آینده ۱٫۴ تا ۴٫۳ درجهٔ سانتیگراد افزایش خواهد یافت. درجهٔ حرارت بالاتر یخها را در قطبین ذوب می کند و سبب گسترش آبها می شود. افزایش سطح آب اقیانوسها باعث فرورفتن نواحی ساحلی می شود که معمولاً مکانهای پر جمعیّتی نیز می باشند. تخمین زده می شود چنانچه دما به صورتی که ذکر شد بالا برود تنها در ایالات متّحده ۷۰۰۰ میل مربع زیر آب برود. درجهٔ حرارت بالاتر تأثیرات مهمّی روی بادها، رودخانه ها، و الگوهای اقلیمی می گذارد. در بعضی مناطق باعث ایجاد خشکی و بیابان می شود در حالی که در مکانهای دیگر بارانهای سنگین نازل خواهد شد.

متان

باتلاقها و مردابها از دیرباز به عنوان منابع تولید کنندهٔ گاز متان توسّط باکتریهای بی هوازی بوده است (فصل ۱۶) . بسیاری از جانوران در طیّ فرایندهای گوارشی خود تولید گاز متان می کنند . مقادیر زیادی از این گاز توسّط موجودات چوب خوار و در رودهٔ موریانه ها تولید می شود . تولید متان در اتمسفر در سالهای اخیر به آرامی افزایش یافته است . بخشی از این افزایش ممکن است در اثر رشد حیرت آور جمعیّت موریانه ها در نواحی جنگلی صاف شده باران خیز گرمسیری باشد . این جنگلها در سال ۱۹۸۸ به مقدار بیش از ۱۰۰ هکتار در دقیقه و در ۲۴ ساعت شبانه روز تخریب شده اند .

بارانهای اسیدی

بارانهای اسیدی بعد از مصرف سوختهای فسیلی که ترکیبات گوگرد و ازت به اتمسفر آزاد می کنند به وجود می آیند . نور خورشید و باران واکنشهای شیمیایی انجام داده و در نتیجه به اسید نیتریک و اکسید گوگرد تبدیل می شوند . این ترکیبات با قطرات باران تشکیل باران اسیدی را می دهند که PH آن کمتر از ۵٫۵ می باشد . بارانهای اسیدی تأثیرات سوئی در محیط هائی می گذارند بطوری که حتّی موجودات زندهٔ فراوانی در محلّ نزولات کشته می شوند . مخصوصاً قارچهای میکوریز که ارتباط مفیدی با ریشهٔ تعداد زیادی از درختان دارند نسبت به باران اسیدی حسّاس می باشند . اسیدیتهٔ بالای آبهای خاك نیز ظرفیت ریشه های گیاهی را برای جذب موادّ معدنی ضروری کاهش می دهد .

بعضی از درختان که در جنگلهای دنیا خشک شده اند به علّت کمبود بارندگی در طیّ خشک سالیهای متمادی و یا به دلایل دیگر مانند هجوم حشرات یا افزودن نمک به یخ و برف جسادّه ها بوده است . لیکن بی تردید بارانهای اسیدی نقش مهمّی در توقّف رشد و تخریب درختان در جهت باد در مجاورت نقاط صنعتی داشته است . در سالهای اخیر در سطح بین المللی توجّهات زیادی به این موضوع شده و تلاشهایی جهت کاهش انتشار ترکیبات صنعتی که نقش اساسی در تولید بارانهای اسیدی دارند صورت گرفته است .

بارانهای اسیدی همچنین برروی موادّ غیر زنده تأثیر می گذارند . در سال ۱۹۸۹ دکتر رابرتسون متخصّص برجستهٔ هنر کلمبیای باستان ، گزارش کرد که فرسایش طبیعی خرابه های

مایان کهن در جنوب مکزیک در یک یا دو دههٔ اخیر به وسیلهٔ بارانهای اسیدی شناب یافته است. بارانهای اسیدی هنگامی ظاهر می شوند که بادهای شدید مرطوب بر فراز پالایشگاههای نفت و دیگر مکانهای صنعتی بوزد.

اُزُن

گاز متان و کلرو فلئورو کربن که موادّ مورد استفاده در سردکنها و دیگر مقاصد صنعتی هستند، در ارتفاعات در اثر نور خورشید، به ترکیبات فعّالی تجزیه می شوند. محصولات حاصل از تجزیهٔ آنها، لایهٔ اُزُن را کاهش می دهد. اُزُن، شکلی از اکسیژن است که در استراتوسفر یک لایهٔ طبیعی برای موجودات زنده در برابر پرتوهای فرابنفش تشکیل می دهد. افزایش پرتوهای فرابنفش، سرطان پوست را افزایش می دهد. کاهش سریع لایهٔ اُزُن به عنوان مشکل جدّی کرهٔ خاکی توسّط جوامع اقتصادی ایالات متّحده و اروپا مشخّص گردیده است. در سال ۱۹۸۷ ایالات متّحده کاهش ۵۰ درصد تولید و استفادهٔ کلروفلئورو کربن را تا سال ۲۰۰۰ توصیه کرده است، و در سال ۱۹۸۹ جامعهٔ اقتصادی اروپا کاربرد کلروفلئورو کربن را به صورت کلّی و تا سال ۲۰۰۰ تحریم کرده است. لیکن در سال ۱۹۹۰ ملل در حال توسعه مانند هندوستان، چین و برزیل طرحهایی را برای گسترش تولید کلروفلئورو کربن داشته اند و بیان نموده اند که تحریم، زیانهای اقتصادی به آنها وارد می نماید. از آن جا که در این خصوص به همکاری همگانی و مبرمی نیاز است، ملل صنعتی مهمّ دنیا در حال جستجوی راههایی برای تغییر مسیر اقتصادی کشورهای جهان سوّم می باشند.

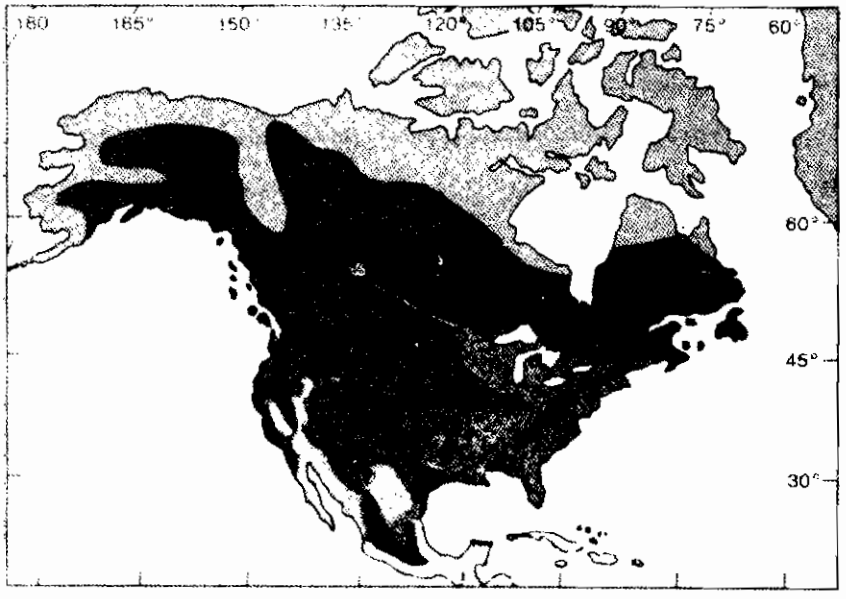
کلروفلئورو کربن ظاهراً تنها نیروی فعّال جهت نابودی لایهٔ حفاظتی اُزُن نیست. گزارش شده است که ترکیبات بُرم دار بنام هالونها که معمولاً در تجهیزات الکترونیکی مثل سیستم حفاظتی کامپیوتر و کپسولهای آتش نشانی قابل حمل وجود دارند ۳ تا ۱۰ درصد اثر تخریبی بیشتری نسبت به کلروفلئور و کربن برروی لایهٔ اُزُن دارند. به گفتهٔ آژانس حفاظت از محیط زیست، غلظت هالون در اتمسفر در سالهای بین ۱۹۸۰ و ۱۹۸۶ هرساله ۲۰ درصد افزایش داشته است. بعضی از دانشمندان براین باورند که غلظت حقیقی به میزان ۵۰ درصد بیش از آن است و شدیداً توصیه می کنند که در آینده پودر و گازهای ساکن دیگر در آتش نشانی جایگزین هالون شود.

آلودگی آب

آلودگی آب به صورتهای بسیار مختلفی رخ می دهد. بیشتر آلودگیها در دریاچه ها و رودخانه ها ناشی از تخلیه زباله های سمّی صنعتی و شسته شدن سموم سطح خاك می باشد. علل دیگر آلودگیها شامل استعمال حشره کشها، دود اگزوزها و دود ناشی از سوخت هواپیماها و کشتیها و ناشی از احتراق سوختهای فسیلی می باشد. سفره های آب زیر زمینی نیز در اثر نفوذ حشره کشها و زباله های انباشته شده در مخزنها، مزارع و باغها آلوده می شوند. حتّی چاههای عمیق که در گذشته به ندرت آلوده می گردیدند در نتیجهٔ نفوذ نیتراتها و ترکیبات دیگر که سلامتی انسان و جانوران را به خطر می اندازد آلوده می شوند. پاسخ بعضی جوامع به این مشکل افزایش تصفیه خانه ها بوده و تعداد زیادی در منازل خود سیستمهای تصفیه کنندهٔ آب نصب نموده اند. اهداف طویل المدّت شامل محدود کردن ذخیرهٔ زباله ها و بهبود تصفیه خانه های آب شهری می باشد. مهندسی ژنتیک و باکتریهای تصفیه کننده نیز در آینده نقش مهمّی ایفا می کنند. برای مثال، یک باکتری که می تواند بیش از ۹۹ درصد یک ترکیب اصلی آلایندهٔ محیط بنام 2, 4, 5 - T (مادهٔ اصلی تشکیل دهنده معرف نارنجی به فصل ۱۱ مراجعه شود) را جذب کند. همچنین چندین باکتری دیگر ازطریق مهندسی ژنتیک به منظور بالابردن ظرفیّت تجزیهٔ زباله های سمّی در دست بررسی هستند (فصول ۱۱ و ۱۶).

بیومهای اصلی آمریکای شمالی

بیومهای (اجتماعات حیاتی) موجود در مقیاس جهانی و یا دست کم قارّه ای بیومهای اصلی را تشکیل می دهند. در شمال قارّهٔ آمریکا چندین بیوم وجود دارد (شکل ۱۱-۲۴) که در اکثر قارّه های دیگر نیز دیده می شوند.



شکل ۱۱-۲۴ بیومهای مهمّ آمریکای شمالی.

تندرا

تندرا (شکل ۱۲-۲۴) نواحی وسیعی از سطح زمین (حدود ۲۰ درصد کل خشکیها) را در بالای مدار قطب شمال تشکیل می دهد. تندرا ظاهری فاقد درخت دارد اگرچه درختان بید و توسکا مینیاتور به اندازهٔ فقط ۲/۵ تا ۵۰ سانتیمتر در بعضی مناطق زیست می کنند. ویژگی دیگر تندرای قطبی وجود انجماد دایمی خاك (پرمافروست) می باشد که از عمق ۱۰ الی ۲۰ سانتی مترتا حدود یک متری زیر سطح خاك می باشد. عمق انجماد رشد گیاه را که می تواند نفوذ نماید تعیین می کند. بارندگی متوسّط سالانه کمتر از ۲۵ سانتیمتر بوده، ولی رطوبت به دلیل انجماد در سطح و یا نزدیک به سطح، حفظ می گردد. فصل رویش بسیار کوتاه است و فقط ۲ یا ۳ ماه می باشد ولی هر زمان دیگری از سال یخ بندان است. البتّه حرارت در یک روز

بلند وسط تابستان تا ۲۷ درجهٔ سانتیگراد یا بالاتر صعود می کند. پوشش گیاهی غالب در توندرای قطبی بوته های کوتاه، جگنها، چمنها، گل سنگها و خزه می باشد. در فصل کوتاه رویشی گیاهان کوچک چند ساله تولید گلهایی با رنگهای روشنی را در سطح خاك جایی که موادّ آلی فقط به عمق ۵ تا ۷/۵ سانتیمتر انباشته می باشد می کنند.

بخشهایی از توندرای آلپ در بالای خطّ مرز جنگلی در کوههای زیرنوار قطبی قرار دارند. در نواحی توندرای آلپ انجماداغلب وجودنداشته وچمنها، جگنها، وعلفها پوشش غالب هستند.

این بیوم بطور استثنایی حسّاس و آسیب پذیر است. یک اتومبیل که در پهنای توندرا رانده شود خاك را به قدری فشرده می کند که ریشه های گیاه از بین رفته و آثار آن تا چندین سال بعد نیز مشاهده می شود. گاهی گوسفندانی که در توندرا در حال چَرا هستند تکه هایی از پوشش گیاهی را بیرون آورده و حاشیهٔ برهنه ای را در بیوم باقی می گذارند. در این حاشیهٔ برهنه بادهای شدید ممکن است توده های گیاهی را بیشتر شکافته و ناحیه ای تهی برجای گذارد.

شکل ۱۲-۲۴ توندرا، در آلاسکا و در تابستان

جانوران توندرا شامل موش صحرایی است. این جوندگان کوچک قادرند بطور حیرت آوری هر ۳ یا ۴ سال تولید مثل کنند و سپس تعداد آنها کاهش پیدامی کند. روباه قطبی و

جغدبرفی که تعداد آنها نیز در نوسان است و نوسانات آنها در ارتباط با اندازهٔ جمعیت موشهای صحرایی است که خوراك اصلی آنها را تشکیل می دهند. دیگر جانوران توندرا عبارتند از گوزن کانادایی، خرس قطبی (در نزدیک سواحل) و بعضی از پرندگان مانند باقرقره، مرغ باران، و چلچلهٔ شمالی.

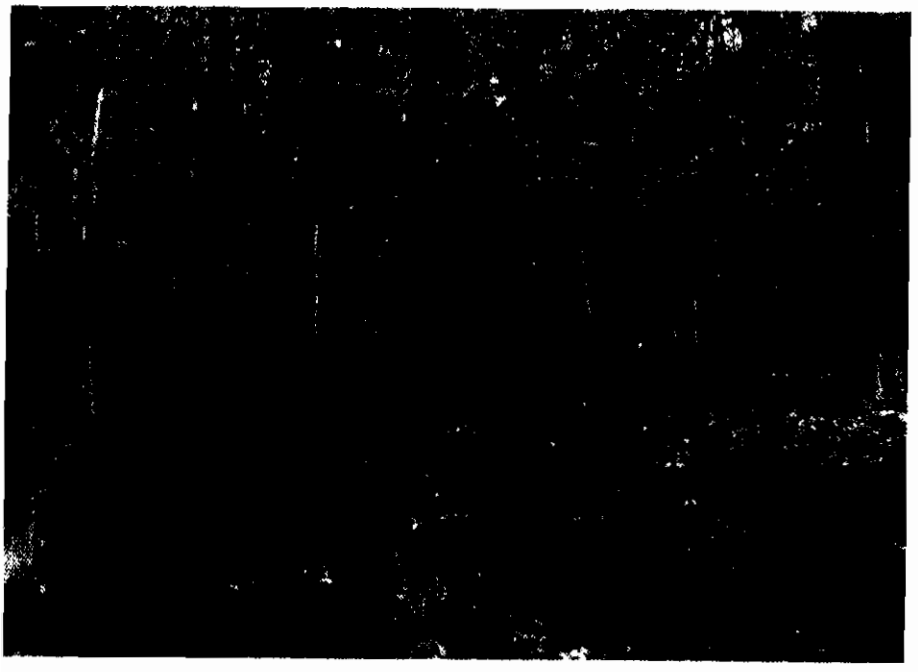
تایگا

تایگا (شکل ۱۳-۲۴) که جنگل مخروط داران و یا جنگلهای شمالی نیز نامیده می شود درمجاورت و جنوب توندرای شمالی یافت می شود. در پوشش گیاهی غالبیّت بادرختان همیشه سبزی مانندصنوبر، کاج نوئل وکاجهای دیگر می باشد. کاجهای اروپایی نیز درتایگا قرار دارند. ممکن است در بعضی نواحی مرطوبتر درختان غان، سپیدار و بید نیز یافت شوند. بسیاری از درختان چندساله و تعدادی درختچه در این نواحی یافت می شود لیکن گیاهان یک ساله کمیاب هستند. برف این منطقه را در طیّ زمستان طولانی وطاقت فرسا پوشانده است. حرارت درسردترین ماهها به ۵۰ درجهٔ سانتیگراد زیر صفر می رسد. در تابستان حرارت غالباً به ۲۰ تا ۳۰ درجه می رسد. بارندگی بیشتر در تابستان اتّفاق می افتد مقدار آن بین ۲۵ تا ۱۰۰ سانتیمتر (در غرب آمریکای شمالی) متغیّر است. دریاچه ها، برکه ها و مردابهای زیادی در این بیوم وجود دارد. در این جا تنّوعی از پرندگان مانند زاغ کبود، چکاوك و بعضی از جوندگان مانند موشها و پستانداران بزرگتر مانند گوزن وجود دارد. بعضی حیوانات مانند گوزن کانادایی زمستان سخت را در این بیوم می گذرانند.

شکل ۱۳-۲۴ تایگا در مینه سوتای شمالی

جنگل برگ ریز معتدله

درختان برگ ریز عموماً گونه های برگ پهن هستند که برگهای آنها در فصل پاییز و در روزهای کوتاه و سرد زمستان به خواب می روند. بیشتر جنگلهای برگ ریز معتدله (شکل ۱۴-۲۴) مانند تایگا در بخشهای عمدهٔ قارّه های نیم کرهٔ شمالی دیده می شوند. در آمریکای شمالی نمونه ای از این جنگلها از دریاچه های بزرگ شمال تا جنوب و خلیج مکزیک امتداد دارند و همچنین از رودخانه می سی سی پی تا کرانه های شرقی گسترده شده اند. اگرچه بعضی جنگلهای سواحل شرقی را به عنوان بخشی از بیوم جنگل برگ ریز معتدله در نظر نمی گیرند. درجهٔ حرارت این منطقه بسیار متغیّر است ولی معمولاً در اواسط زمستان به ۴ درجهٔ سانتیگراد زیر صفر می رسد، و در تابستان به بالای ۲۰ درجهٔ سانتیگراد صعود می کند. درختان کلیماکس این جنگلها، با درجهٔ حرارت زیر انجماد که به همراه بارش برف می باشد سازگاری یافته اند. بیشتر بارندگی سالانه که مجموعاً بین ۵۰ تا ۱۶۵ سانتیمتر است در تابستان اتّفاق می افتد.



شکل ۱۴-۲۴ منظره‌ای از جنگل برگ‌ریز شرق ایالات متّحده.

بعضی از زیباترین درختان برگ پهن با تنّوع زیادی در این بیوم یافت می شوند. در بالای غرب میانه افرا و نمدار آمریکایی بارز هستند. افرا، توسکا، و بلوط، همچنین در شمال شرقی بطور با شکوهی مخلوط با ممرز آمریکایی دیده می شوند. در بخش غرب میانه جنگلهای بلوط و گردوی آمریکایی فراوانند. بلوط در شیبهای کوههای آپالاش که زمانی شاه بلوط فلور اصلی آن را تشکیل می داد یافت می شود. شاه بلوط اکنون در اثر هجوم بیماری سوختگی شاه بلوط که در اوایل دههٔ ۱۹۰۰ معرّفی شد خسارات زیادی را دیده و تقریباً محو شده است. درختان بلوط و گردوی آمریکایی، به جنوب غربی آمریکای شمالی و ایالات متّحده کشیده شده و همراه کاج و گونه های دیگری نظیر صنوبر یافت می شوند.

قبل از ورود مهاجرین اروپایی مخلوطی از درختان برگ ریز شامل افرا، زبان گنجشک، نمدار، ممرز، شاه بلوط هندی، گردوی آمریکایی، لیریودندرون و ماگنولیا، در شیبها و دره های شرقی کوههای آپالاش یافت می شدند. بعضی از درختان تا ارتفاع بیش از ۳۰ متر رشد می کردند و ضخامتی حدود ۳ متر داشتند. بجز تعدادی از درختان حفاظت شده در ارتفاعات پارك ملّی گریت اسموکی، بزرگترین درختان این جنگل غنی در اثر قطع بی رویه نابود شده اند. درختان کوچکتری از این جنگل در ناحیهٔ شمال شرقی باتون روژ، لوییزیانا، تنسی، کنتاکی و جنوب ایلینوی دیده می شود. درختان نارونَ آمریکایی نیز زمانی بخشی از جنگل بود لیکن بسرعت درختان نارونَ وحشی و درختان کاشته شده به وسیلهٔ بیماری هلندی نارونَ نابود شدند. در یکی از شهرهای کوچک غرب میانه که ۶۰۰ درخت نارونَ در کنار خیابانهای آن کاشته شده بود درطیّ ۱ یا ۲ سال بعد ازحملهٔ بیماری مرگ نارونَ تنها ۶ درخت زنده در این شهر باقی ماند.

مخلوطی از درختان برگ ریز و همیشه سبز در حاشیهٔ شمالی و جنوب شرقی جنگل یافت می شوند درختان هملاك (Tsuga) و کاج سفید شرقی نیوانگلند در غرب تا مینه سوتا و جنوب کوههای آپالاش دیده می شوند. ردیفهای انبوه سابق کاجهای سفید شرقی اکنون بطور کلّی وجود ندارند. الوار آنهاجهت ساختمان سازی و اهداف دیگر مورد استفاده قرار گرفته است. برخی نیز به وسیلهٔ بیماریهای درختی دیگر مانند زنگ کاج خسارت دیده اند. لیکن درختان پراکنده ای خصوصاً در محلهایی که از آنها حفاظت شده، باقی مانده است. کاجهای مختلف قسمت عمده جنگلهای سواحل شرقی از نیوجرسی تا فلوریدا و از غرب تا شرق تگزاس را تشکیل می دهند. کاج پیچ (*Pinus rigida*) در نیوجرسی متداول است در حالی که بعضی کاجهای جنوبی اکنون در جنوب شرقی ایالات متّحده به خاطر خمیر چوب، تربانتین، الوار و

دیگر محصولات ارزشمند تجاری کاشته می شوند.

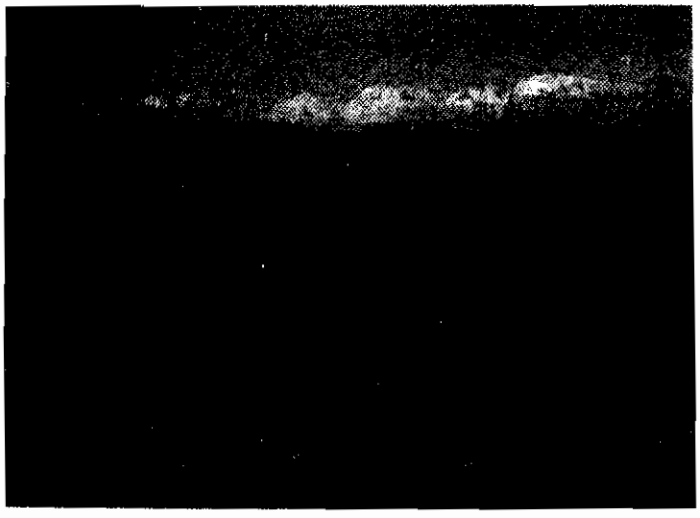
در طیّ تابستان درختان جنگلهای برگ ریز سایه نسبتهً توپُری را تشکیل داده و از رسیدن نور مستقیم خورشید به زمین جلوگیری می کنند. تعدادی از زیباترین گلهای بهاره مانند سوسنها و بنفشه ها قبل از این که درختان کاملاً برگدار شوند گل داده و در مدّت چند هفته رشد خود را کامل می کنند. دیگر گیاهان که سایهٔ زیادی را تحمّل می کنند بویژه گیاهان تیرهٔ آفتاب گردان مانند گل ستاره و یونجهٔ وحشی به صورت تناوبی در جاهای با جنگل از اواسط تابستان تا پاییز گل می دهند.

حیات جانداران در جنگلهای برگ ریز شرق شامل روباه قرمز و خاکستری، راکون و بسیاری از جوندگان مانند سنجاب خاکستری انواعی از مارها، سمندر و پرندگان مختلفی نظیر شاهین و فاخته می باشد.

علفزارها

علفزارها (شکل ۱۵-۲۴) طبیعتاً در بخشهای درونیتر قارّه ها یافت می شوند. آنها تمایل دارند با جنگلها و بیابانها در حواشی خود مخلوط شوند که بستگی به یزان و الگوهای بارندگی دارد. یک علفزار سالانه ممکن است کمتر از ۲۵ سانتیمتر و یا بیش از ۱۰۰ سانتیمتر بارندگی داشته باشد. حرارت می تواند از ۵۰ درجهٔ سانتیگراد در اواسط تابستان تا ۴۵ درجهٔ سانتیگراد زیر صفر در اواسّط زمستان متغیّر باشد.

در آمریکای شمالی گلّه های بزرگ بوفالو زمانی بر روی علفزارها که بر روی خاکهای غنی می روییدند چَرا می کردند، ولی از آن جایی که مهاجرین آمریکایی زمینها را بیش از پیش به زیر کشت برده و شکارچیان حیوانات عظیم الجثّه را قتل عام کردند این بوفالوها نابود شدند. تا سال ۱۸۸۹ تنها ۵۵۱ رأس از آنها باقی ماند. اکنون نواحی وسیعی جهت محصولات غلات (مخصوصاً ذرّت و گندم) و برای تغذیهٔ گله های گاو مورد استفاده است. قبل از این که تخریب شوند علفزارهای آمریکا منظرهٔ بسیار جالب توجهّی داشتند. در ایلینوی و ایوا علفها بطور متوسّط در یک فصل بیش از ۲ متر رشد می کردند، و در فصل مرطوب یک متر هم بلندتر می شدند. در بهار قبل از این که علفهای چندساله پدیدار شوند نمایش خیره کننده ای از گلهای وحشی شروع شده و در سرتاسر فصل رویشی ادامه دارد. من (مؤلف) بیش از ۵۰ گونه از گیاهان گلدار در حال گل دهی را در یک زمان در یک هکتار علفزار حفاظت شده در وسط بهار شمارش کردم.



شکل ۱۵-۲۴ یك علفزار دست نخورده، در غرب و در بهار

علفزارها در نواحی با اقلیم مدیترانه ای (مانند درّهٔ مرکزی کالیفرنیا) که بیشتر بارندگی درطیّ زمستان اتّفاق می افتد وجود دارند و معمولاً شامل برکه های آب نیز می شود. این برکه ها محلّ تجمّع موقّتی آب باران بوده و بعد از اتمام فصل بارندگی تبخیر می شوند. فلور منحصر به فرد این ناحیه شامل توالی منظّمی از گیاهان گلدار است که بعضی از آنها ابتدا در حاشیه برکه ظاهر می شوند و هرگونه گیاهی مرز مشخّصی را اشغال می کند تا زمانی که آب کاملاً از بین برود (شکل ۱۶-۲۴). بعضی گونه ها تنها در خاکهای مرطوب و یا گل و لای در حال خشک شدن گل می دهند. تعدادی از دانه ها نیز در زیر آب رویش می کنند.

جانوران علفزار شامل روباه دم سفید، خرگوش آمریکایی، موش کیسه دار، موشهای صحرایی می شوند. همان طور که قبلاً اشاره شد زمانی بوفالو فراوان بود ولی اکنون حدود ۱۵۰۰۰ رأس از این حیوانات بزرگ در پارکهای ملّی، شکار گاهها و مزارع خصوصی نگاهداری می شوند. انواع مختلفی از گنجشکها، و پرندگان دیگر هنوز در محدوده های زراعت نشدهٔ این بیوم منزل اختیار می کنند.

شکل ۱۶-۲۴ مرزبندی گونه‌ها، نسبت به دریاچه (شمال کالیفرنیا)

بیابانها

اگر از یک آدم معمولی بپرسید که بیابان (شکل ۱۷-۲۴) را شرح دهد، احتمالاً توضیح او شامل کلماتی نظیر شن، گرما، سراب، آبادی میان کویر، و شتر خواهد بود. اینها به راستی در بعضی از بیابانهای بزرگ دنیا که در مجاور عرض جغرافیایی ۳۰ درجه در شمال و جنوب استوا قرار دارند دیده می شوند. ولی هر محلّی که بارندگی همواره کم، و یا خاك آن قدر متخلخل باشد که آب را نتواند در خود نگاه دارد، بیابان است. بارندگی در اکثر بیابانها به کمتر از ۱۲/۵ سانتیمتر در سال می رسد. در یک روز تابستان در حالیکه دما در روز بیش از ۳۵ درجه سانتیگراد است در شب به پایینتر از ۱۵ درجهٔ سانتیگراد می رسد. شدّت نور در هوای خشک نسبت به محلّی که بخار آب اتمسفر عبور مقداری از پرتوهای خورشید را مانع می شود به نقطهٔ اوج می رسد. بعضی از گیاهان بیابانی به این شدّت نور بالا از طریق تغییر فتوسنتز توسّط سیستم متابولیسم اسید کراسولاسه ای (CAM) سازگاری یافته اند. این پدیده ای است که

به وسیلهٔ آن، اسیدهای آلی خاصّی در اندامهای کلروفیل دار گیاه در طیّ شب انباشته و در روز به دی اکسید کربن تبدیل می شود (فصل ۱۰) . گیاهان CAM اجازه می دهند که رویداد فتوسنتز بیش از گیاهان دیگر امکان پذیر باشد. چون گیاه به علّت بسته بودن روزنه ها در روز از بیشتر دی اکسید کربن اتمسفر محروم است (بدین وسیله از هدر رفتن آب در روز توسّط روزنه ها جلوگیری می شود).

شکل ۱۷-۲۴ یك جامعهٔ بیابانی در جنوب غربی ایالات متّحده.

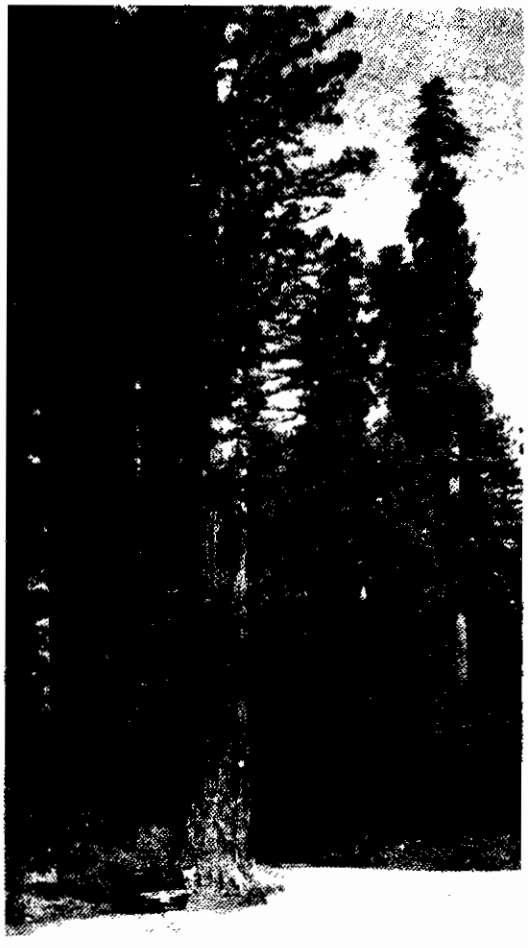
دیگر سازشهای گیاهان بیابانی عبارت است از کوتیکول ضخیم، بافتهای ذخیره کنندهٔ آب در ساقه و برگ، بافت چرمی در برگها، کاهش اندازهٔ برگها و یا حتّی فقدان آنها. در کاکتوسها و دیگر گیاهان گوشتی بدون برگهای فعّال، ساقه ها فعّالیتهای فتوسنتزی گیاه را بر عهده دارند. گیاهان چندساله بیابانی به این بیوم به طرق مختلف سازگاری یافته اند. کاکتوسها و گیاهان گوشتی مشابه دارای سیستم ریشه ای سطحی هستند که قادرند آب بارانهای ناچیز را به سرعت جذب کنند. سپس آب می تواند برای زمانهای طولانی

درون ساقه که برای عمل ذخیره سازی تغییر کرده است نگاهداری شود. دیگر گیاهان چندساله از پیاز می رویند که بیشتر اوقات سال در حال خواب است. گیاهان یک ساله رنگهای بسیار زیبا و متنوّعی را بخصوص در فصل بارندگی به نمایش می گذارند. دانه های گیاهان یک ساله غالباً بعد از یک بارش در پاییز یا زمستان رویش کرده و سپس به کندی رشد می کنند و یا به صورت مجموعه ای کنار هم برای چندین ماه قبل از تولید گل در بهار می مانند. به راستی صدها گونه گیاهان یک ساله گوناگون بیابانی در چند کیلومتر مربّع از یک صحرای معمولی در جنوب غربی ایالات متّحده ممکن است وجود داشته باشد.

جانوران بیابانی در بسیاری از موارد به تغذیه در شب هنگام که درجهٔ حرارت اتمسفر پایین است سازش نموده اند. این جانوران شامل انواع: موشها، مارها بویژه مارهای رنگی، سوسمارها، و پرندگان نظیر فاخته ها و مرغ مگس خوار می باشند.

جنگل کوهستان

در دورانهای گذشتهٔ زمین شناسی، جنگلهای برگ ریز، تا غرب آمریکای شمالی امتداد داشت. از آن جایی که آب و هوا تغییر کرد و تابستانهای بارانی کاهش یافت، مخروط داران جانشین درختان برگ ریز شدند. البته بعضی از درختان برگ ریز (مانند افرا، غان، سپیدار، بلوط) هنوز بویژه در ارتفاعات پایینتر باقی مانده اند. امروزه جنگلهای مخروط داران نواحی وسیعی از شمال غربی اقیانوس آرام را اشغال کرده، و تا جنوب کوههای راکی و رشته کوههای نوادا و سواحل کالیفرنیا گسترش یافته اند. قسمتهای مجزّایی از این بیوم نیز در بخشهای دیگر غرب مخصوصاً در شیب جنوبی کوهها وجود دارند. درختان این منطقه تمایل دارند بسیار تنومند شوند بویژه در غرب رشته کوههای کاسکید اُرگان و ایالت واشنگتن و در شیبهای غربی رشته کوههای نوادا. یکی از دلایل بلندی درختانی مثل صنوبر داگلاس، بارندگی زیاد سالانه است که در بعضی از نواحی به متجاوز از ۲۵۰ سانتیمتر می رسد. ولی بلندترین مخروط دار دنیا چوب سرخ ساحلی کالیفرنیا (شکل ۱۸-۲۴) ظاهراً برای اندازه و طول عمر خود، بیشتر متکّی به مه برای کاهش تعرّق خود است، تا به مقادیر زیاد باران.



شکل ۱۸-۲۴ چوب سرخ ساحلی (جنگل) در کالیفرنیای شمالی.

یکی از ویژگیهای جنگلهای کوهستانی، موقعیّت و مرزبندی گونه ها برحسب ارتفاع می باشد. به عبارت دیگر، به تدریج که از سطح دریا به ارتفاعات صعود می نماییم جوامع گوناگونی از گیاهان را مشاهده می کنیم. در ارتفاعات پایینتر کوههای راکی و رشته کوههای نوادا مخروط دار غالب کاج پاندروزا می باشد. در بلندیهای بخش شمالی

کوههای کاسکید، صنوبر دوگلاس و سدر قرمز غربی و درخت همیلاك متداول است. در ارتفاعات متوسّط رشته کوههای نوادا، کاج قندی، صنوبر سفید و کاج جفری یافت می شود در حالی که در بلندیهای بالاتر، گونه های دیگری از کاج و صنوبر و همیلاك غالبیّت دارند.

بیشتر جنگلهای کوهستانی، تابستانهای نسبةً خشکی دارند و قبل از این که حتّی بی دقتّی انسانها عامل آن شود، آتش سوزیهای مکرر ممکن است رخ دهد. چندین گونه درخت به خوبی با آتش سازش یافته اند. به عنوان مثال صنوبر دوگلاس دارای یک پوست محافظ بسیار ضخیم است بطوری که می تواند در آتش سوخته شود بدون آن که حرارت زیاد به بافتهای درونی برسد و آنها را نابود کند. گیاهگهای آن نیز پس از آتش سوزی در یک ناحیهٔ باز گسترش می یابند. هنگامی که پوست درخت چوب سرخ غول پیکر رشته کوههای نوادا سوزانده می شود، درخت به ندرت می میرد. بدون شک این موضوع با سن و اندازهٔ درختان بستگی دارد. مخروطهای بعضی از درختان مانند کاج نابکون (*P. atenuata*) بسته می ماند و تا زمانی که آتش باعث بازشدن آنها نشود دانه های خود را رها نمی کنند. در حالی که دانه های چندین گونه دیگر بعد از آن که در معرض آتش قرار بگیرند بهتر رشد می نمایند. این خواصّ گیاهان جنگلهای کوهستانی، بطوری که در بخش اکولوژی آتش ذکر شد باعث می گردد که در پارکهای ملّی به کرّات آتش کنترل نشده و اجازه داده شود مسیر طبیعی خود را طی کند. ولی شیوع بیش از حدّ آتش از زمانی که تعداد فراوانی انسانها به جنگل ها رفته اند به وقوع پیوسته و برای ما لازم است تا در اکثر موارد آتش را کنترل کنیم حتّی اگر چنین عملی دخالت در سیر طبیعی باشد.

حیات جانوری در جنگلهای کوهستانی عبارت است از تعداد متنوّعی از جوندگان (مخصوصاً موش خرمایی و موش صحرایی)، خرس، شیر کوهی، گربهٔ وحشی، سگ آبی کوهی (ارتباطی با سگ آبی ندارد)، آهوی کوهی، پرندگان بزرگی مانند عقاب طلایی، و همچنین تعدادی پرندگان کوچک نظیر چکاوك، سهرهٔ آمریکای شمالی در بخشهای حاشیه ای این اکوسیستم وجود دارند.

جنگل بارانی گرمسیری

حدود ۷ درصد سطح زمین یعنی تقریباً نیمی از نواحی جنگلی این سیّاره را

بیوم جنگلهای بارانی گرمسیری تشکیل می دهد (شکل ۱۹-۲۴). این بیوم در سراسر نواحی گرمسیری که مقدار بارندگی سالانه معمولاً بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ سانتیمتر و حرارت در محدودهٔ ۲۵ تا ۳۵ درجهٔ سانتیگراد می باشد گسترش یافته است. اگرچه مقدار بارندگی ماهانه متفاوت است ولی هیچ فصل خشکی وجود ندارد و مقدار بارندگی در سراسر سال به صورت رگبار و در بعد از ظهرها انجام می شود. رطوبت به ندرت پایینتر از ۸۰ درصد می باشد.

چنین شرایط اقلیمی دارای تنوّعی از فون و فلور می باشد بطوری که تعداد گونه ها در مجموع از گونه های همه بیومهای دیگر بیشتر است. در این جنگلها اکثریت گیاهان درختان همیشه سبز برگ پهن هستند که غالباً تا ۴۰ متر یا بیشتر رشد می کنند و معمولاً فاقد انشعاب و دارای تاجی از برگها با رنگ سبز تیره هستند که چند اشکوب را ایجاد می کنند. سیستم ریشه ای سطحی، و تنهٔ درختان اغلب دارای برآمدگیها و برجستگیهایی است (شکل ۱۲-۶). عملاً صدها نوع از این درختان و هرکدام با تعداد زیادی گونه وجود دارد.

شکل ۱۹-۲۴ منظره‌ای از جنگل بارانی گرمسیری.

بیشتر گیاهان جنگلهای بارانی چوبی هستند. اگرچه همهٔ آنها همیشه سبز نیستند. چندین گونه درختان برگ ریز وجود دارد که برگهای خود را در بعضی از شاخه ها می ریزند در حالی که شاخه های دیگر آنها را نگه می دارند و حتّی شاخه های دیگر همان درخت در همان زمان در حال گل دهی است. تعدادی گیاه بالا روندهٔ چوبی و حتّی تعداد زیادی اپیفیت مخصوصاً ثعلبها و گیاهان خانوادهٔ آناناس را می توان متّصل به درختان دیگر مشاهده نمود. ریشه های گیاهان اپیفیت انگل نیستند و هیچ ارتباطی هم با زمین ندارند. گیاهان منحصراً از آب باران که در قاعدهٔ برگها جمع می شود استفاده نموده و فعّالیت فتوسنتزی خود را ادامه می دهند. مقادیر اندکی موادّ معدنی نیز موردنیاز جهت رشد گیاهان اپیفیت است که از طریق آب باران که از پوست و موادّ تجزیه شده نفوذ می کند تأمین می گردد.

سایه های چند لایه ای درختان به قدری فشرده است که نور کمی می تواند به کف جنگل برسد و چندگیاه علفی که وجود دارند به محلهای باز جنگل محدود می شوند. برخلاف رشد زیاد درختان مقادیر ناچیزی خاك برگ و لاشه گیاه جمع می شود و خاك نسبةً فقیر می باشد. تجزیه کنندگان بسرعت هر برگ یا موادّ آلی دیگر را در کف جنگل تجزیه می کنند و موادّ غذایی حاصل در اثر عمل تجزیه سریعاً به گردش در آمده و توسّط بارندگیهای سنگین شسته می شوند.

تعدادی از جانوران بزرگتر با سازگاریهای ویژه ای جهت حرکت در شبکهٔ فشرده شاخه های جنگل بارانی و در کف جنگل یافت می شوند. چنین جانورانی شامل خوك خرطوم دراز و مورچه خوار هستند؛ ولی بیشتر جانوران در خارج پوشش جنگل (سایهٔ فشردهٔ جنگل) زیست می کنند. وجود قورباغه های درختی با انگشتان چسبناك خود در جنگلهای پر باران متداول است، همچنین میمونهای مختلف، اپوسومها، مارهای درختی و مار مولك وجود دارند. مورچه ها فراوانند و همچنین تنوّع شگفت آوری از حشرات دیگر از طریق پنهان کردن کم نظیر خود، با محیط سازش یافته اند. دسته های بزرگ طوطی و دیگر پرندگان از حشرات فراوان و میوه های موجود تغذیه می کنند.

آیندهٔ اکوسیستم جنگل بارانی گرمسیری

در دههٔ ۱۹۶۰ طرحهای مهمّی برای تبدیل جنگل گرمسیری آمازون به مزارع وسیع، نیروگاههای آبی و معدن، توسعه یافت. در آغاز دههٔ ۱۹۹۰ فعّالیت معادن طلا، رودخانه ها را

پُر از لجن کرد. همان طور که در بحث اثر گلخانه ای نشان داده شد، جنگلهای بارانی گرمسیری جهت کاربردهای تجاری به میزان ۱۰۰ هکتار در دقیقه تخریب و نابود می شوند. در اثر مطالعه ای که بر روی پرندگان جنگل پر باران آمازون در سال ۱۹۸۹ صورت گرفت، مشخّص شد که جمعیّت گونه های با قدرت پرش کم در یک بخش ۲۵ هکتاری جنگل درست در ۶ هفته بعد از این که درختان زمینهای مجاور قطع شدند به میزان ۷۵ درصد کاهش یافت و ۱۰ گونه از ۴۸ گونهٔ آنها ظاهراً کاملاً ناپدید شدند.

این مطالعات چندین بار تکرار شده و به وسیلهٔ پروژه ای که توسّط مؤسسهٔ اسمتیونیان و مؤسسهٔ برزیلی جهت تحقیق در آمازون انجام شد تأیید گردیده است. در طیّ ده سال مطالعه نشان داده شد زمانی که فضای زیادی از جنگل به قطعات کوچکتری تقسیم شده و به وسیلهٔ زمینهایی تهی با فاصله های ۱۰ متری از هم جدا شوند، اثر مصیبت باری برروی اکولوژی تمام جنگل داشته و به همراه آن اکثر پرندگان و گونه های جانوران دیگر که ابتدا وجود داشته اند برای همیشه محو می شوند. مقدار ناچیزی از این بیوم که مسکن بیش از ۵۰ درصد تمام گونه های موجود است در حال حاضر از توسعه های اقتصادی حفظ می شود. بسیاری از موجودات زنده غالباً قبل از این که برای اوّلین بار شناسایی و شرح داده شوند محکوم به نابودی می باشند. اگر دولتها و افراد تلاشی برای متوقّف ساختن ویرانی آن انجام ندهند اساساً این بیوم در مدّت ۲۰ سال نابود خواهد شد.

خلاصه

۱. اکولوژی، علم مطالعه روابط موجود زنده با محیط است. اکولوژی دامنهٔ وسیع مطالعاتی دارد. گروهی از افراد یک گونهٔ تشکیل یک جمعیّت را می دهند. جوامع واحدهایی از جمعیّتهای موجودات زنده در یک ناحیهٔ معیّن هستند. اکوسیستمها جوامعی هستند با روابط متقابل بسیار، با محیط فیزیکی خود.

۲. جمعیّتها از نظر تعداد، تراکم و جرم کلّی افراد، متفاوتند. تعداد شمارش می شوند در حالی که تراکم و جرم زیستی (مجموع جرم موجودات زنده) محاسبه می گردد.

۳. مشکل است یک جامعه دقیقاً مشخّص شود زیرا جمعیّتهای معیّنی از یک جامعه ممکن است در جوامع دیگر نیز حضور داشته باشند. افراد تغییر یافته، یک گونه (اکرتیپ) ممکن است بطور اختصاصی با یک جامعه سازگاری یافته باشند.

۴. عوامل محیطی که مهمترین نقش را در تعیین پراکنش گونه های گیاهی در یک اکوسیستم ایفا می کنند شامل بارندگی، درجهٔ حرارت، خاك، و عوامل حیاتی می باشند.

۵. گیاهان اگزروفیت (گیاهانی که به نواحی کم باران سازش یافته اند) و هیدرفیتها (گیاهانی که به محیطهای آبی سازش نموده اند) تغییراتی را در برگها و اندامهایشان دارا می باشند.

۶. محتویات معدنی خاك، منجر به پراکنش گونه ها شده و عوامل حیاتی مثل رقابت برای کسب نور، موادّ غذایی و آب نیز در این مورد نقش مهمّی ایفا می کنند.

۷. اکوسیستم به نحو خوبی به وسیلهٔ فعّالیت فتوسنتزی، جریان انرژی در زنجیرهٔ غذایی، و به گردش آوردن مجدّد مواد، پایدار می ماند. تولید کننده ها، موجودات زنده ای هستند که عمل فتوسنتز انجام می دهند در حالی که مصرف کننده ها از تولید کننده ها تغذیه می کنند. مصرف کننده های اوّلیه مستقیماً از تولید کننده ها، و مصرف کننده های ثانویه از مصرف کننده های اوّلیه تغذیه می کنند.

۸. تجزیه کننده هایی مانند قارچ و باکتری موادّ آلی را تخریب کرده و به وسیلهٔ تولیدکننده ها به شکل قابل مصرف در می آورند. در هر اکوسیستم، هم تولید کننده ها، و هم مصرف کننده ها، دارای زنجیره های غذایی هستند که جریان انرژی را در سطوح مختلف تعیین می کنند. زنجیره های غذایی از نظر طول و پیچیدگی زنجیره، متفاوت بوده و به علّت روابط متقابل تشکیل شبکه ای را می دهند که غالباً شبکهٔ غذایی نامیده می شود.

۹. انرژی، خود در یک اکوسیستم به گردش در نمی آید. در سطح تولید کننده تنها حدود ۱ درصد کلّ انرژی نورانی به موادّ آلی تبدیل می شود و انرژی تدریجاً هنگامی که از سطح به سطح دیگرِ اکوسیستم عبور می کند سرانجام به صورت گرما هدر می رود. در یک زنجیرهٔ غذایی طویل مصرف کننده نهایی تنها بخش کوچکی از انرژی اوّلیه ای را که به وسیلهٔ تولید کننده در ابتدای زنجیره دریافت شده است به دست می آورد.

۱۰. اگر تولید کننده مقدار موادّ غذایی موجود در اکوسیستم را افزایش دهد همزمان با آن، تعداد مصرف کننده ها نیز افزایش می یابند، ولی اضافه شدن تعداد مصرف کننده ها، مادّهٔ غذایی موجود در اکوسیستم را کاهش می دهد، و این امر سبب می شود که اکوسیستم خود پایدار بماند. موجودات زندهٔ یک اکوسیستم ممکن است به وسیلهٔ ترشّح موادّ بازدارندهٔ رشد، موادّ محرکهٔ رشد، و زندگی انگلی، ترکیب اکوسیستم را تغییر دهند.

۱۱. جمعیّت انسان در چند قرن گذشته شدیداً افزایش یافته و به دلیل فعّالیتهای مستقیم و غیر مستقیم در ارتباط با تغذیه، پوشاك و مسکن میلیاردها انسان، اکوسیستمها تخریب شده اند و نه تنها خود انسانها بلکه حیات دیگر موجودات زنده نیز به خطر افتاده است.

۱۲. نیاز است که تعادل اکولوژیکی به وسیلهٔ جلوگیری از آلودگی، عملیات دقیق و آگاهانهٔ کشاورزی، حفاظت از منابع طبیعی، و تعلیم عموم در مورد خطر تخریب اکوسیستم، بازگردانده شود.

۱۳. مقداری ازت هوا به خاطر وجود باکتریهای تثبیت کنندهٔ ازت موجود در خانوادهٔ نخود و گیاهان دیگر، تثبیت می شود (تبدیل به ترکیبات ازت دار). در چرخهٔ ازت، جریان ثابتی از ازت گیاهان مرده و بافتهای جانوری به خاك و از خاك به گیاه وجود دارد.

۱۴. آب، ازت خاك را گرفته و در صورت فرسایش خاك آن را با خود می شوید. بقیّهٔ ازت در موقع برداشت محصول کاهش می یابد ولی بیشتر نقصان ازت می تواند در اثر تجزیهٔ موادّ زاید و افزودن سالانهٔ آنها به خاك صورت گیرد. آتش نیز باعث کاهش ازت می شود.

۱۵. جایگزین کردن کمبود ازت به وسیلهٔ استفاده از کودهای شیمیایی، سرانجام می تواند ساختار خاك را تغییر داده و ایجاد لایهٔ سختی بنماید. باکتریها نیز، کربن و موادّ دیگری نظیر آب و فسفر را به چرخه در می آورند.

۱۶. توالی (پیشرفت منظّم دگرگونی در گونه های گیاهی یک ناحیه در یک دورهٔ زمانی) هنگامی به وقوع می پیوندد که در نواحی طبیعی در خشکی یا آب اختلالاتی ایجاد شود.

۱۷. توالی اوّلیه به همراه تشکیل خاك در مراحل ابتدایی می باشد در حالی که توالی ثانویّه در مناطقی که قبلاً دارای پوشش گیاهی بوده است صورت می گیرد. توالی اوّلیه به همراه تبدیل صخره های برهنه و گدازه های آتش فشانی به خاك تحت تأثیر فعالیتهای گل سنگها، خزه های صخره ای، گیاهان گلدار و غیره و نیروهای فیزیکی صورت می گیرد. پیشرفت منظّم این وقایع در یک دورهٔ زمانی ***توالی خشکی*** نامیده می شود.

۱۸. پوشش گیاهی پایدار (کلیماکس گیاهی) در نتیجه توالی ایجاد می شود و تا زمانی که اختلال عمده ای آن را برهم نزده است باقی می ماند.

۱۹. توالی در زیستگاههای آبی نیز بطور منظّمی به درجهٔ اوج (کلیماکس) می رسد. این توالی ممکن است در دریاچه ها و دیگر زیستگاههای آبی که توسّط زباله ها و مواد زاید انباشته شده و یوتریفیکاسیون (غنی سازی تدریجی آب) صورت می گیرد رخ دهد.

۲۰. توالی ثانویه که خیلی سریعتر از توالی اوّلیه صورت می گیرد ممکن است در صورت وجود خاك رخ دهد. این نوع توالی پس از آتش سوزی که ترکیبات آلی و کانی خاك تغییر یافته و منطقهٔ تهی شده اتّفاق می افتد. در آن جا درختانی مانند صنوبر ممکن است ظاهر شوند تا زمانی که گونه های دیگر کلیماکس با رشد کند خود پایدار شوند.

۲۱. جمعیّت بشر به میزان بی رویّه ای افزایش یافته است ولی اندازهٔ کره زمین ثابت است. انسانها بخش عظیمی از اکوسیستم این سیّاره را آلوده و تخریب نموده اند بطوری که حیات آیندهٔ آنها به مخاطره افتاده است.

۲۲. اثر گلخانه ای، به افزایش درجهٔ حرارت کرهٔ زمین بر می گردد که مربوط به دی اکسید کربن، متان، و دیگر گازهایی است که مانع می شوند پرتوهای حرارتی خورشیدی به فضا بر گردند.

۲۳. میزان دی اکسید کربن و متان اتمسفر و همچنین درجهٔ حرارت زمین رو به افزایش است. پیش بینی می شود که در نتیجهٔ این افزایش، یخهای قطبی ذوب شود و دریاها در نواحی ساحلی پیشروی کنند.

۲۴. بارانهای اسیدی که به موجودات زنده آسیب می رساند و یا آنها را نابود می کند، در نتیجهٔ رهاشدن ترکیبات گوگردی و ازتی به وسیلهٔ احتراق سوختهای فسیلی و تبدیل آنها توسّط نور خورشید و آب باران به اسید نیتریک و دی اکسید گوگرد ایجاد می شود.

۲۵. در استراتوسفر نور خورشید متان و کلروفلئورو کربن را که از ترکیبات شیمیایی مورد مصرف در سردخانه ها و یخچالها می باشند به ترکیبات فعّالی تبدیل می کند. این ترکیبات لایهٔ اُزون که ما را در برابر پرتوهای زیان بار فرابنفش محافظت می کند تخریب می نمایند.

۲۶. آلودگی آب هنگامی صورت می گیرد که مواد سمّی، حشرکشها، مخازن آلوده، و کودهای شیمیایی شسته شده و به آبهای سطحی یا زیر زمینی نفوذ کنند. در آینده باکتریها ممکن است جهت تجزیهٔ آلودگیهای آب مورد استفاده قرار گیرند.

۲۷. جوامع زیستی روی کرهٔ زمین حدّاقل در مقیاس قارّه ای بیوم نامیده می شوند. بیومهای اصلی آمریکای شمالی عبارتند از توندراو تایگا. جنگلهای برگ ریز معتدله، علفزارها، بیابانها، جنگلهای کوهستانی، و جنگلهای بارانی گرمسیری.

۲۸. توندرا عمدةً در بالای کمربند قطبی قرار گرفته است. توندرا شامل تعداد کمی درخت و گل سنگ وعلف بوده وویژگی آن پرمافراست(انجمادددایمی خاك)درزیرسطح زمین می باشد.

۲۹. پوشش غالب در تایگا درختان مخروط دار به همراه درختان غان، تبریزی، و بید در مناطق مرطوبتر می باشد. تعداد زیادی گیاهان چندساله و تعداد کمی گیاهان یک ساله در تایگا یافت می شوند.

۳۰. در جنگلهای برگ ریز معتدله، درختانی مثل افرای قندی، ممرز، کاج سفید شرقی در محدودهٔ شمال و جنوب غربی پوشش غالب را تشکیل می دهند.

۳۱. علفزارها در بخشهای درونی قارّه ها یافت می شوند. بیشه زارهایی که معمولاً در مناطق مدیترانه ای قرار دارند شامل برکه های بهاری به همراه فلور گیاهان یک ساله مخصوص به خود هستند. تعدادی از علفزارها، مورد استفادهٔ کشاورزی قرار می گیرند.

۳۲. بیابانها به وسیلهٔ بارش سالانهٔ اندك و محدوده وسیع درجهٔ حرارت به همراه گیاهانی که ریخت و متابولیسم آنها با محیط سازگاری یافته است مشخّص می شوند.

۳۳. جنگلهای کوهستانی در بیشتر سواحل شمال غربی اقیانوس آرام و در محدودهٔ جنوب کوههای راکی و کوهستان کالیفرنیا گسترش یافته است. گونه های درختی مخروط دار تمایل دارند در مناطق مرتفع رویش نمایند. این جنگلها اکثراً تابستانهای خشک داشته و بعضی گونه های سازش یافته با آن (مانند صنوبر دوگلاس، چوب سرخ کبیر) دارای پوستی ضخیم هستند که درختان را در برابر آتش سوزیهایی که به کرّات در این نوع اقلیم روی می دهد محافظت می کنند. دیگر گونه ها (مانند کاج نابکوك) برای پراکنش طبیعی و رویش دانهٔ خود، وابسته به آتش هستند.

۳۴. جنگلهای بارانی گرمسیری تقریباً نیمی از کلّ مناطق جنگلی را تشکیل داده و دارای گونه های گیاهان و جانوران بیشتری نسبت به کلّ مجموعهٔ بیومهای دیگر هستند. گیاهان چوبی و گیاهان بالا رونده زیاد سایه های چند لایه ای و متراکم را تشکیل می دهند و نور کمی از آنها عبور می کند و به زمین می رسد. خاك فقیر بوده و موادّ معدنی آزاد شده در طیّ تجزیهٔ سریع وارد چرخه می شوند. این بیوم سریعاً در حال تخریب است. چنانچه روند نابودی آن متوقّف نشود در ۲۵ سال آینده محو خواهد شد.

پرسشهای یادآوری

۱. یک جامعهٔ گیاهی، یک جامعهٔ حیاتی، یک اکوسیستم، و یک بیوم را از یکدیگر متمایز کنید.

۲. تفاوت بین مصرف کنندهٔ اوّلیه و مصرف کنندهٔ ثانویّه، چیست؟
۳. چگونه است که زنجیره‌های غذایی کوتاه در مصرف انرژی نورانی نسبت به زنجیره‌های طویل، راندمان بالاتری دارند؟
۴. چرا رژیم غذایی جانوران علف‌خوار بزرگ جثّه متنوّع است؟
۵. چه نوع کنترل و تعادلی در اکوسیستم وجود دارد؟
۶. چگونه ازت و کربن در طبیعت بازیافت می‌شوند؟
۷. توالی اوّلیه و ثانویّه چیست؟
۸. ویژگیهای عمومی کلیماکس گیاهی در مقایسه با غیر کلیماکس چیست؟
۹. اثر گلخانه‌ای چیست؟
۱۰. باران اسیدی چگونه تشکیل می‌شود؟
۱۱. لایهٔ اُزون چیست، چه نقشی ایفا می‌کند، و چه تهدیدی برای آن وجود دارد؟
۱۲. چه خطرات مهمّی برای منابع آب نوشیدنی کرهٔ زمین وجود دارند؟
۱۳. بیومهای بیابان و توندرا را توصیف کنید.
۱۴. عمل آتش در بیومهای علفزار و جنگلهای کوهستانی چیست؟
۱۵. چه نوع گیاهانی در جنگلهای بارانی گرمسیری غالب هستند؟
۱۶. چرا کاهش بیوم جنگلهای گرمسیری در آینده مخاطرات مهمّی را ایجاد می‌کند؟

پرسشهای تشریحی

۱. انسانها تقریباً در هر جایی که مستقر شده‌اند اکوسیستم را برهم زده‌اند (حدّاقل در کشورهای صنعتی). آیا شما باور دارید که انسانها قادرند اکوسیستم را بهبود بخشند؟ چگونه؟
۲. اگر رژیم گیاه‌خواری میزان کافی انرژی خورشیدی را در اختیار قرار می‌دهد، آیا به این دلیل ما همه باید سعی کنیم رژیم گیاه‌خواری داشته باشیم؟
۳. در کنار مثال فرضی ارائه شده (مشاهده شد که در خوردن مستقیم کاهو از راندمان انرژی خورشیدی بالاتری استفاده شده تا حالتی که خوکها از آن تغذیه کرده و سپس گوشت آنها مصرف گردد) آیا شما فکر می‌کنید از چه طریقی دیگر، زنجیرهٔ غذایی ممکن است کوتاه شود؟

۴. روغن بادام زمینی بسیاری از موادّ غذایی موردنیاز تغذیهٔ انسان را دارا می باشد. براساس آنچه شما در بارهٔ رژیم غذایی جانوران یک اکوسیستم آموخته اید، آیا فکر می کنید ایدهٔ خوبی است که برای کاهش مخارج از روغن بادام زمینی و آب تغذیه گردد؟

۵. آیا توالی در یک استخر شنای متروکه، رخ خواهد داد؟

۶. آتش، یک پدیدهٔ طبیعی در تعدادی از بیومها در طول هزاران سال بوده است. اکثر گونه های گیاهی به طرق گوناگونی در اکوسیستمی که آتش سوزی منظّماً رخ می دهد، با آن سازش یافته اند. بنابراین، آیا ما نباید آتش جنگلها و علفزارها را هنگامی که رخ می دهند خاموش کنیم؟

۷. بیشتر بیوم جنگلهای بارانی گرمسیری در کشورهای جهان سوّم که اقتصاد پر مخاطره ای دارند واقع شده است. در چنین وضعیّتی برای متوقّف ساختن تخریب این بخش زنده و بسیار ارزشمند اکوسیستم خودمان، چه کارهایی بایستی انجام داد؟

منابع اضافی

Barbour, M., et al. 1987. *Terrestrial plant ecology,* 2d ed. Menlo Park, CA: Benjamin/Cummings Publishing Co., Inc.

Barbour, M. G., and W. D. Billings. 1988. *North American terrestrial vegetation.* New York: Cambridge University Press.

Daubenmire, R. 1974. *Plants and environment: a textbook of autecology.* New York: Wiley and Sons, Inc.

Forsyth, A., and K. Miyata. 1984. *Tropical nature: life and death in the tropical rain forests of Central and South America.* New York: Charles Scribner's Sons.

Jensen, W. A., and F. B. Salisbury. 1984. *Botany: an ecological approach,* 2d ed. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Co.

Koopowitz, H., and H. Kaye. 1983. *Plant extinction: a global crisis.* Washington, DC: Stone Wall Press.

Kormondy, E. J. 1984. *Concepts of ecology,* 3d ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Kozlowski, T. T., and C. E. Ahlgren, eds. 1974. *Fire and ecosystems*. San Diego, CA: Academic Press, Inc.
Lederer, R. J. 1986. *Basic ecology*. Menlo Park, CA: Benjamin/Cummings Publishing Co., Inc.
Odum, E. P. 1983. *Basic ecology*. Philadelphia: Saunders College Publishing.
Rice, E. L. 1984. *Allelopathy*, 2d ed. San Diego, CA: Academic Press, Inc.
Silvertown, J. 1987. *Introduction to plant population ecology*, 2d ed. New York: Halsted Press.
Whittaker, R. H. 1975. *Communities and ecosystems*, 2d ed. New York: Macmillan Co.

FERDOWSI UNIVERSITY OF MASHHAD

Publication No. 234

KINGSLEY R. STERN

Introductory

PLANT BIOLOGY

Translated by

Dr. Hormozdyar Kianmehr

With Assistant of

Gabarzadeh

FERDOWSI UNIVERSITY PRESS